

In opdracht van:

Provincie Noord-Holland

Planstudie Veiligheid

Fase 2: Planform designs zwakke schakels

Mark van Koningsveld (WL|Delft Hydraulics)
Leo van Nieuwenhuijzen (Royal Haskoning)

Rapport

14 december 2004



OPDRACHTGEVER:	Provincie Noord-Holland Postbus 3007 2001 DA Haarlem				
TITEL:	Planstudie Veiligheid voor de Provincie Noord-Holland. Fase 2: Planform Designs Zwakke Schakels.				
SAMENVATTING:	<p>In het kader van de Planstudie Veiligheid voor de Provincie Noord-Holland, worden voor de Noord-Hollandse zwakke schakels enkele alternatieve oplossingen uitgewerkt en vergeleken.</p> <p>Voor de kust van Noord-Holland komen de volgende zwakke schakel locaties aan de orde:</p> <ul style="list-style-type: none">- de Helderse zeevering,- de Kop van Noord-Holland, met daarbij in het bijzonder aandacht voor:<ul style="list-style-type: none">- het Botgat, en- de smalle duinenrij tussen Groote Keeten en Callantsoog- en de Hondsbossche en Pettemer zeevering. <p>Dit rapport beschrijft de eerste ruwe verkenning van deze zwakke schakels en de per lokatie voorgestelde oplossingsvarianten.</p> <p>Doel van dit rapport is niet om tot een volledige uitwerking te komen maar om een eerste gevoel te krijgen voor de belangrijke facetten van elk van de maatregelen. Op basis van dat eerste gevoel kan dan bekeken worden of alle varianten wel in aanmerking moeten komen voor een verdere uitwerking, hetzij in een gewijzigde vorm. Bovendien helpt deze eerste uitwerking om de vragen voor het uiteindelijke detail ontwerp en de analyse van de kustmorfologische impacts zo helder mogelijk te formuleren.</p>				
REFERENTIES:	Oprichtingsnummer Provincie Noord-Holland: 4500009970				
VER	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
v40	Van Koningsveld <i>WKC</i>	14-12-2004		Roelvink <i>WKC</i>	Schilperoort <i>WKC</i>
PROJECTNUMMER:	Z3725.20				
TREFWOORDEN:	Planstudie Veiligheid, Zwakke Schakels, Planform design rapport				
AANTAL BLADZIJDEN:	79				
VERTROUWELIJK:	<input type="checkbox"/> JA, tot (datum)		<input checked="" type="checkbox"/> NEE		
STATUS:	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG	<input type="checkbox"/> CONCEPT	<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF		

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Zwakke schakels en kustplaatsen.....	1
1.2	Visie Hollandse Kust 2050.....	1
1.3	Planstudie Veiligheid Provincie Noord-Holland	2
1.4	Doel van dit rapport	3
1.5	Leeswijzer	3
2	Uitgangspunten.....	5
2.1	Aanpak van de studie	5
2.2	Ontwerprandvoorwaarden, veiligheidsniveau en levensduur van het ontwerp.....	5
2.3	Dijken.....	7
2.3.1	Werkwijze ontwerp	7
2.3.2	Hydraulische randvoorwaarden	8
2.3.3	Bodemdaling en profielaanpassingen	10
2.4	Duinen.....	10
2.4.1	Werkwijze ontwerp	10
2.4.2	Hydraulische randvoorwaarden en overige input.....	11
2.4.3	Profiel aanpassingen	12
2.5	Kosten	12
2.5.1	Aanlegkosten.....	12
2.5.2	Onderhoudskosten.....	13
3	Heldere zeevering.....	15
3.1	Eerste inzicht.....	17
3.2	Hoe verder.....	19

4	Kop Van Noord-Holland	21
4.1	Algemeen.....	21
4.2	Variant 1: Landwaarts – Callantsoog Aangepaste Normering	22
4.2.1	Eerste inzicht	23
4.2.2	Hoe verder	24
4.3	Variant 2: Landwaartse Duinverbreding	25
4.3.1	Eerste inzicht	26
4.3.2	Hoe verder	27
4.4	Variant 3: Zand ervoor	27
4.4.1	Eerste inzicht	28
4.4.2	Hoe verder	28
4.5	Samenvatting resultaten.....	29
5	Hondsbossche en Pettemer Zeewering.....	31
5.1	Algemeen.....	31
5.2	Variant 1: Zand ervoor	32
5.2.2	Eerste inzicht	35
5.2.3	Hoe verder	36
5.3	Variant 2: Landwaartse versterking	36
5.3.1	Eerste inzicht	38
5.3.2	Hoe verder	38
5.4	Variant 3: Duinen van Leihoek	39
5.4.1	Eerste inzicht	39
5.4.2	Hoe verder	40
5.5	Variant 4: Slaperdijk	40
5.5.1	Eerste inzicht	41
5.5.2	Hoe verder	44

5.6	Samenvatting resultaten	44
6	Discussie en conclusies	45
	Bronnen.....	1
A	GIS kaarten.....	A-1
B	Kosten.....	B-1
B.1	Directe kosten	B-2
B.2	Bijkomende kosten.....	B-3

I Inleiding

I.1 Zwakke schakels en kustplaatsen

Wonen, werken, recreëren en natuurbeheer in de kustzone zijn afhankelijk van de stabiliteit van het zandige fundament van dat kustgebied. Processen als klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling hebben, zeker op de langere termijn (orde 50-200 jaar), een belangrijk effect op dit fundament en daarmee op deze functies. Het Nederlandse kustbeleid kent drie hoofdcomponenten om deze functies in het kustgebied te beschermen. Ten eerste wordt de veiligheid van het achterland tegen overstroming uit zee gewaarborgd. In duingebieden gebeurt dit door ervoor te zorgen dat er zich voldoende zand in het duingebied bevindt om de effecten van maatgevende stormen op te vangen. Waar zich in plaats van duinen harde constructies bevinden is de stabiliteit, de kerende hoogte en de mate van golfoverslag van belang. Ten tweede wordt sinds 1990 de kustlijn gehandhaafd, met als doel structurele erosie van het duingebied te stoppen om zo ondermeer een dynamisch beheer van het duingebied mogelijk te maken. Ten derde is de kans op schade door golfoverslag en zandafslag een punt van zorg in het kustbeleid.

Als gevolg van de verwachte veranderende natuurlijke omstandigheden (zeespiegelstijging, klimaatverandering, het vaker voorkomen van extreme stormsituaties) zullen de kosten van kustverdediging naar verwachting sterk stijgen. Harde keringen en duingebieden zullen moeten worden versterkt om ook onder de nieuwe omstandigheden voldoende veiligheid voor het achterland te bieden. De suppletiehoeveelheid die nodig is voor het handhaven van de kustlijn zal toenemen. Bovendien zullen de afslaglijnen (de lijn tot waar een duin afslaat bij het optreden van een zogenaamde superstorm) landwaarts verschuiven, waarmee het risico op schade langs de kust, bijvoorbeeld in de badplaatsen, zal toenemen.

De Nederlandse kust bevat enkele zwakke schakels die, als ze niet dringend aangepakt worden, binnen afzienbare tijd een bedreiging vormen voor de veiligheid in het achterland. In de Noord-Hollandse kust zijn er drie van deze zwakke schakels, waarvan er twee door het Rijk als prioritair zijn bestempeld.

I.2 Visie Hollandse Kust 2050

Eind 1999 zijn de provincies Noord- en Zuid-Holland begonnen met het formuleren van een integrale visie op de ontwikkeling van de Hollandse kust: het project Visie Hollandse Kust 2050. Aanleiding tot het formuleren van deze kustvisie was met name de bovenbeschreven verwachting dat processen als klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling op termijn de veiligheid langs de Hollandse kust onder druk zouden kunnen zetten. De beide provincies wilden daarom op systematische wijze inzicht verkrijgen in:

- de mate waarin het bestaande beleid t.a.v. kustveiligheid ook op termijn perspectieven biedt, en
- de meerwaarde van alternatieve strategieën om de vereiste kustveilig te garanderen.

De beide provincies achtten een dergelijk inzicht noodzakelijk in verband met de wijze waarop regionaal ruimtelijk beleid moet anticiperen op de ontwikkeling van kustveiligheid; kustveiligheid vormt hiermee een wezenlijk onderdeel van de ruimtelijke ordening. De provincie Noord-Holland wil, in het licht van deze verwachtingen, een lange termijn strategie bepalen om haar kust duurzaam veilig te houden en bovendien de ruimtelijke kwaliteit te verbeteren.

In Fase 1 van het project Visie Hollandse Kust 2050 zijn in kwalitatieve zin drie strategieën gedefinieerd voor de veiligheidsproblematiek (van het achterland) en de risicoproblematiek (kans op schade langs de kust): landwaarts, consolideren en zeewaarts. Voor alle probleemgebieden langs de Hollandse kust zijn verkenningen uitgevoerd van kansrijke oplossingsrichtingen op basis van genoemde strategieën. Deze verkenningen zijn op bestuurlijk niveau verder beoordeeld om nu, in een volgende fase, nader te worden uitgewerkt vanuit, in eerste instantie, een waterstaatkundige insteek.

Om nu in Fase 2 van het kustvisie project een nadere keuze te kunnen maken is een meer kwantitatieve uitwerking van de verschillende varianten nodig. Hierbij dienen de varianten voor de onderscheiden kustvakken ook in hun onderlinge samenhang te worden beoordeeld (optimalisatie). Daarbij gaat het om de beantwoording van een aantal belangrijke vragen aangaande de technische kant van de kustverdediging, betreffende:

- veiligheidsniveau;
- morfologische effecten (het gedrag van het zand);
- ruimtebeslag (aantal meters dat meer of minder beschikbaar komt voor andere functies dan zeewering);
- randvoorwaarden die met een bepaalde manier van kustverdediging aan de ruimtelijke inrichting worden gesteld;
- kosten voor aanleg en voor onderhoud van de zeewering; en
- keuzebeperking voor de toekomst.

De Planstudies Veiligheid, waar dit rapport een deel van uit maakt, spelen in dit proces een belangrijke rol. De resultaten van de veiligheidsstudies moeten het bovengenoemde keuze proces faciliteren.

1.3 Planstudie Veiligheid Provincie Noord-Holland

De Planstudie Veiligheid voor de provincie Noord-Holland is zelf ook weer onderverdeeld in een aantal Fasen. In Fase 1, de Inceptie Fase (aanvang April 2004), is afgesproken welke basisvarianten in eerste instantie zouden moeten worden bekeken en welke methodes en randvoorwaarden hierbij zouden moeten worden toegepast. In Fase 2, de Planform Design Fase waarop dit rapport betrekking heeft, richten de werkzaamheden zich op een eerste heel grofstoffelijke verkenning van de varianten. Op basis van deze eerste verkenning kan worden afgewogen of alle voorliggende varianten wel voor een nadere uitwerking in aanmerking komen of dat sommige zouden moeten afvallen of andere juist zouden moeten worden toegevoegd. Bovendien helpt deze eerste uitwerking om de vragen die in Fase 3 en Fase 4, respectievelijk de kustmorfologische analyse en de detailuitwerking, moeten worden beantwoord zo helder mogelijk te formuleren. In de laatste en vijfde fase worden alle resultaten geïntegreerd om zo de afweging van alternatieven zo goed mogelijk te ondersteunen.

1.4 Doel van dit rapport

Dit document rapporteert de resultaten van Fase 2 van de Planstudie Veiligheid voor de Provincie Noord-Holland. De naam 'Planform Designs' die aan deze fase is gegeven doet vermoeden dat als resultaat van deze fase een aantal bovenaanzichten van de concreet uitgewerkte varianten zullen worden gepresenteerd. Waar mogelijk is dit ook gedaan. Bovendien is een aantal indicatieve berekeningen gemaakt om enig inzicht te krijgen in de mogelijke consequenties, wat betreft materiaalgebruik en kosten, van de verschillende alternatieven en de gekozen aanpak.

Opgemerkt dient te worden dat het, gezien de recente aanvang van het project en de beperkte beschikbaarheid van met name ontwerprandvoorwaarden, in deze fase van het project niet mogelijk was om de voorliggende varianten op alle aspecten even ver uit te werken. Waar dit relevant is, is de voor deze onderdelen nog beoogde aanpak nader beschreven. De verdere uitwerking van deze aspecten moet in de Fasen 3 en 4 plaats vinden. Er is wel getracht om de uitwerkingen zo concreet mogelijk te maken om zo de afweging van nader in de volgende fasen uit te werken basisvarianten zo goed mogelijk te ondersteunen. Er wordt in dit rapport niet ingegaan op de zogenaamde subvarianten die bedoeld zijn als optimalisatie op de basisvarianten. Omdat, op het moment dat dit rapport werd geschreven, nog geen beslissing was genomen over de aanpak van risicobeheersing in badplaatsen is in daarover op dit moment ook nog niets opgenomen.

1.5 Leeswijzer

De indeling van dit rapport is als volgt. In Hoofdstuk 2 worden de belangrijkste uitgangspunten van de (technische) aanpak op een rij gezet. Daarna volgen hoofdstuksgewijs de te behandelen zwakke schakels en de daarvoor in Fase 1 van de Planstudie afgesproken basisvarianten. De beschrijvingen zijn zo beknopt mogelijk gehouden. Achtereenvolgens komen aan bod:

- de Helderse zeewering (Hoofdstuk 3)
- de Kop van Noord-Holland (Hoofdstuk 4)
 - Slaperdijk – Callantsoog aangepaste normering
 - Landwaartse duinverzwaring
 - Zand ervoor
- de Hondsbossche en Pettemer zeewering (Hoofdstuk 5)
 - Zand ervoor
 - Landwaartse dijkversterking
 - Duinen van Leihoek
 - Slaperdijk – Hondsbossche aangepaste normering

In het afsluitende Hoofdstuk 6 volgt een globale discussie en enkele conclusies.

Beschikbare GIS kaarten en kostenoverzichten zijn omwille van de leesbaarheid van dit rapport opgenomen in de bijlagen.

2 Uitgangspunten

2.1 Aanpak van de studie

De voor dit rapport bestudeerde zwakke schakels omvatten zowel dijken als duinen. In Fase 1 van de Kustvisie zijn voor alle knelpunten langs de Hollandse kust alternatieve oplossingen bedacht. In de Planstudies Veiligheid worden deze alternatieven in meer detail uitgewerkt. In deze fase van de Planstudies is de variantenanalyse beperkt tot een globale uitwerking van de basisvarianten. In latere fasen zullen de basisvarianten in meer detail worden uitgewerkt en zal gekeken worden wat het effect van subvarianten op deze basisvarianten is. Hierbij kan gedacht worden aan het werken met strekdammen of andere ondersteunende maatregelen, waarbij een reductie van de onderhoudskosten één van de voornaamste doelen is.

Bij de analyse van de basisvarianten is gekeken naar de veiligheidssituatie onder de huidige toetsomstandigheden, een veilig ontwerp voor een periode van 50 jaar en de benodigde ruimtereservering voor een periode van 200 jaar. De analyses zijn in deze fase nog zeer grofstoffelijk (analyse over slechts één of enkele representatief geachte raaien, ruwe schattingen van materiaal en kosten etc.). Het is de bedoeling dat in de volgende fasen nadere detaillering plaats vindt. De uitgangspunten die bij de analyses worden gehanteerd zijn beschreven in de volgende paragrafen van dit hoofdstuk.

2.2 Ontwerprandvoorwaarden, veiligheidsniveau en levensduur van het ontwerp

Voor de uitwerking van de zwakke schakels in dit project zijn ontwerprandvoorwaarden nodig voor duinen, dijken en aansluitingsconstructies tussen duinen en dijken. Voor duinen en dijken zijn verschillende ontwerprandvoorwaarden van belang (Tabel 2-1). Bij aansluitingsconstructies worden dezelfde randvoorwaarden als bij duinen gehanteerd.

Tabel 2-1: Belangrijke randvoorwaarden voor verschillende ontwerpparameters van duinen en dijken

	Duinparameters	Dijkparameters		
	<i>Afslag</i>	<i>Kruinhoogte</i>	<i>Bekleding</i>	<i>Stabiliteit</i>
<i>Waterstand</i>	Maatgevende waterstand op diep water (-20 m)	Maatgevende combinatie van waterstand, golfhoogte, golfperiode en hoek van inval	-	Maatgevende hoogwaterstand bij dijkteen
<i>Golfhoogte</i>	Maatgevende golfhoogte op diep water (-20 m)		Maatgevende combinatie van golfhoogte en golfperiode op verschillende waterstandsniveaus bij dijkteen	-
<i>Golfperiode</i>	Maatgevende golfperiode op diep water (-20 m)			-
<i>Hoek van inval</i>	-		-	-

Ontwerprandvoorwaarden kunnen op meerdere manieren bepaald worden. In Fase 1 van deze Planstudie is gekozen voor het vertalen van de toetsrandvoorwaarden naar ontwerprandvoorwaarden met behulp van klimaatscenario's. Er is gebruik gemaakt van de hydraulische toetsrandvoorwaarden zoals die zijn gebruikt in het Beheerdersoordeel Kust. Deze randvoorwaarden zijn aangeleverd aan de beheerders door Rijkswaterstaat DWW. Hierbij is aangegeven dat deze randvoorwaarden voor de zachte kust mogelijk te zwaar zijn en voor de harde waterkeringen in de kust waarschijnlijk te licht. Ten behoeve van het later op te stellen dijkversterkingsplan is het de bedoeling gebruik te maken van nieuwe randvoorwaarden.

De waarde van de bovengenoemde ontwerpparameters wordt beïnvloed door het gewenste veiligheidsniveau en de ontwerplevensduur. Het veiligheidsniveau van de *binnendijkse* gebieden achter de in deze Planstudie onderzochte locaties ligt wettelijk vast en moet minimaal als uitgangspunt dienen. Voor gebieden die buitendijks gebracht worden, of waar een apart dijkkringgebied wordt geschapen, bestaat op dit moment geen wettelijke norm. Om toch tot een concreet ontwerp te kunnen komen zal voor dergelijke gebieden een norm gekozen moeten worden. Een optimaal veiligheidsniveau kan worden bepaald op basis van een kosten-baten analyse van het betreffende gebied. Deze methode is echter zeer gedetailleerd en kost veel tijd. In Fase 1 van deze Planstudie zijn veiligheidsniveaus gekozen op basis van een inschatting van de kenmerken van het gebied en analoge situaties langs de kust (zoals de Zeeuwse, Zuid-Hollandse en de Wadden eilanden).

De ontwerplevensduur is een andere bepalende factor voor de hydraulische ontwerprandvoorwaarden. Op de termijn van de ontwerplevensduur worden namelijk de relevante ontwikkelingen (bijv. zeespiegelrijzing) in rekening gebracht in de ontwerprandvoorwaarden om zo te komen tot een robuust en duurzaam veilig ontwerp. In overleg is afgesproken dat voor de waterkering zelf een ontwerplevensduur van 50 jaar wordt aangehouden, terwijl de benodigde ruimte reservering wordt gedimensioneerd op 200 jaar. Voor de hierbij benodigde klimaatscenario's wordt gebruik gemaakt van door de TAW aanbevolen getallen (TAW, 2002). Deze zijn samengevat in Tabel 2-2. Deze tabel is ook opgenomen in Hoofdstuk 7 van de Leidraad Zandige Kust (TAW, 2003). De relevante ontwikkelingen voor een ontwerp voor 50 jaar zijn gebaseerd op het middenscenario. De ruimtereservering wordt gebaseerd op het maximumscenario voor 200 jaar.

Tabel 2-2: Aanbevolen waarden voor randvoorwaarden op de lange termijn (TAW, 2003)

Jaar	2050	2100	2200
Minimumscenario:			
- zeespiegel	+0,10 m	+ 0,20 m	+ 0,40 m
- extra stormopzet	-	-	-
- golfhoogte ¹	-	-	-
- verhoging dwarsprofiel ²	+0,10 m	+ 0,20 m	+ 0,40 m
Middenscenario:			
- zeespiegel	+ 0,30 m	+ 0,60 m	+ 1,20 m
- extra stormopzet	-	-	-
- golfhoogte ¹	-	-	-
- verhoging dwarsprofiel ²	+ 0,30 m	+ 0,60 m	+ 1,20 m
Maximumscenario:			
- zeespiegel	+0,45 m	+0,85 m	+1,70 m
- extra stormopzet	+0,40 m	+0,40 m	+0,40 m
- golfhoogte ¹	5%	5%	5%
- verhoging dwarsprofiel ²	+0,45 m	+0,85 m	+1,70 m

¹: De golfhoogte in deze tabel is de golfhoogte op diep water.

²: De in deze tabel genoemde profiel verhoging geldt niet voor dijken.

De aanpassing van het profiel volgens Tabel 2-2 is afgeleid van het uitgangspunt dat het suppletiebeleid in de toekomst zal worden doorgezet en betreft daarmee de verhoging van het dwarsprofiel van duinen en aansluitingsconstructies. Voor harde zeeeringen zoals dijken en dammen wordt geen verhoging van het profiel verdisconteerd. Het valt evenwel te overwegen dit wel voor de zandige vooroever te doen. De vooroever van de harde keringen wordt waarschijnlijk niet zelf gesuppleerd, maar wordt wel 'gevoed' door de suppletie van aanliggende duinvakken en de aansluitingsconstructies. Daarentegen zal ook weer meer verloren gaan aan de aanwezige geulen voor de dijken en is de mate waarin de vooroever gevoed wordt afhankelijk van de afstand tot het dichtstbijzijnde duinvak. Als conservatief uitgangspunt kiezen we ervoor ervan uit te gaan dat de vooroever de bodemdaling van het hele profiel volgt en wordt de profielverhoging buiten beschouwing gelaten.

2.3 Dijken

2.3.1 Werkwijze ontwerp

Voor het planform design van dijken wordt op eenvoudige wijze een robuust ontwerp gemaakt. Het ontwerp van de dijk dient te voldoen aan de veiligheidseis. De veiligheidseis is de norm voor het achterland zoals gesteld in de Wet op de Waterkering. De kans dat het toelaatbaar overslagdebiet wordt overschreden (de overbelasting), dient kleiner te zijn dan de gestelde norm. De kans op falen van de kering als gevolg van alle overige faalmechanismen als geen overbelasting optreedt moet verwaarloosbaar klein zijn.

In de Leidraad Zee- en Meerdijken (TAW, 1999) wordt gesteld dat het toelaatbaar overslagdebiet afhankelijk is van de kenmerken van het achterliggend gebied en het dijkvak. In deze planstudies wordt uitgegaan van 0,1 l/m/s als overslagcriterium. Voor zeedijken wordt ook wel de waarde 1 l/m/s gebruikt, er dient dan sprake te zijn van goede grasmat en de hoeveelheid overslag dient acceptabel te zijn voor het achterliggend gebied. In het geval dat er sprake is van bebouwing achter de dijk of een kleine kombergingscapaciteit, is dit niet wenselijk. In enkele zeldzame gevallen wordt ook wel een debiet groter dan 10 l/m/s toegelaten. Het binnentalud dient dan verhard te zijn en er is sprake van een grote hoeveelheid water die over de dijk of de dam heen komt.

Er wordt in deze fase met name op hoogte ontworpen. Andere faalmechanismen worden in de nadere uitwerking bekeken. In die fasen kan ook optimalisering van het dwarsprofiel plaatsvinden.

Om de kruinhoogte te bepalen is uitgegaan van de benodigde kruinhoogte behorende bij het overslagdebiet 0,1 l/m/s zoals aangegeven in berekeningen met het computerprogramma PC Overslag (TAW, 2002b). Voor het ontwerp van nieuwe dijken wordt de buitenberm van het profiel aangepast. De buitenberm in het dwarsprofiel dient ter beperking van golfploop / -overslag en als onderhoudspad. De grootste oploopreductie wordt behaald wanneer de berm op ontwerppeil ligt. In de gevallen waar de ontwerpwaterstand boven de huidige berm ligt, wordt de berm verhoogd. Het talud beneden en boven de berm wordt gelijk gehouden. Voor de kruinbreedte wordt uitgegaan van 3 m, zodat de kruin berijdbaar is. Voor het binnentalud wordt uitgegaan van 1:3.

2.3.2 Hydraulische randvoorwaarden

De huidige toetsrandvoorwaarden (uit de Beheerdersoordelen Kust) zijn verhoogd volgens het 50 jaar midden scenario en het 200 jaar maximum scenario (zie Tabel 2-2). De in onderstaande tabel vermelde randvoorwaarden zijn afgegeven op de teen van de dijk. De stilwaterlijn (SWL) bestaat uit het Toetspeil plus een toeslag van 0,1 m voor bui-oscillaties en seiches. Voor de periode van 200 jaar diende de golfperiode aangepast te worden. Naast de verhoging van de golfhoogte is de spectrale golfperiode ook aangepast. De spectrale golfperiode is verhoogd op dusdanige wijze dat de golfsteilheid gelijk blijft.

Tabel 2-3: Huidige toetsrandvoorwaarden dijken (HHNK, 2003)

Dijkvak	Raai	SWL [NAP+m]	Hs [m]	Spectrale golfperiode [s]	golfrichting β [°]
Helderse Zeewering dijkvak 85	dp0,2	4,77	2,13	5,09	-39,88
	dp1,8	4,74	2,02	5,10	-42,21
	dp3,7	4,47	2,72	7,88	18,96
	dp4,7	4,31	3,14	7,88	14,40
	dp5,4	4,31	3,14	7,88	14,40
Pettemer Zeewering dijkvak 80	dp3	4,66	3,19	13,40	-1,77
	dp5	4,81	3,53	13,00	1,00
	dp8	4,83	3,60	13,10	0,84
	dp11	4,71	3,63	13,50	-2,93
	dp13	4,72	3,54	13,30	-5,01
Hondsbosche Zeewering dijkvak 60	dp0	4,72	3,30	13,30	-7,93
	dp2	4,86	3,31	12,60	-9,57
	dp7	4,72	3,12	13,20	-5,47
	dp12	4,71	3,22	13,50	-6,83
	dp18	4,72	2,90	12,60	-11,32
	dp23	4,72	3,19	13,60	-13,86
	dp28	4,69	3,10	13,00	-13,16
	dp30	4,69	3,47	13,60	-3,94
	dp36	4,74	3,15	13,50	-1,07
	dp40	4,76	3,19	13,40	-5,75
dp44	4,76	3,52	13,30	-13,13	

Tabel 2-4: Ontwerprandvoorwaarden 50 jaar middenscenario

Dijkvak	Raai	SWL [NAP+m]	bodem daling [m]	Hs [m]	Spectrale golfperiode [s]	golfrichting β [°]
Helderse Zeewering dijkvak 85	dp0,2	5,07	0,10	2,13	5,09	-39,88
	dp1,8	5,04	0,10	2,02	5,10	-42,21
	dp3,7	4,77	0,10	2,72	7,88	18,96
	dp4,7	4,61	0,10	3,14	7,88	14,4
	dp5,4	4,61	0,10	3,14	7,88	14,4
Pettemer Zeewering dijkvak 80	dp3	4,96	0,10	3,19	13,40	-1,77
	dp5	5,11	0,10	3,53	13,00	1,00
	dp8	5,13	0,10	3,6	13,10	0,84

Dijkvak	Raai	SWL [NAP+m]	bodem daling [m]	Hs [m]	Spectrale golfperiode [s]	golfrichting β [°]
	dp11	5,01	0,10	3,63	13,50	-2,93
	dp13	5,02	0,10	3,54	13,30	-5,01
Hondsbossche Zeewering dijkvak 60	dp0	5,02	0,10	3,30	13,30	-7,93
	dp2	5,16	0,10	3,31	12,60	-9,57
	dp7	5,02	0,10	3,12	13,20	-5,47
	dp12	5,01	0,10	3,22	13,50	-6,83
	dp18	5,02	0,10	2,90	12,60	-11,32
	dp23	5,02	0,10	3,19	13,60	-13,86
	dp28	4,99	0,10	3,10	13,00	-13,16
	dp30	4,99	0,10	3,47	13,60	-3,94
	dp36	5,04	0,10	3,15	13,50	-1,07
	dp40	5,06	0,10	3,19	13,40	-5,75
	dp44	5,06	0,10	3,52	13,30	-13,13

Tabel 2-5: Ontwerprandvoorwaarden 200 jaar maximumscenario

Dijkvak	raai	SWL [NAP+m]	storm-opzet [m]	bodem daling [m]	Hs [m]	Spectrale golfperiode [s]	golfrichting β [°]
Helderse Zeewering dijkvak 85	dp0,2	6,47	0,40	0,40	2,237	5,22	-39,88
	dp1,8	6,44	0,40	0,40	2,121	5,23	-42,21
	dp3,7	6,17	0,40	0,40	2,856	8,07	18,96
	dp4,7	6,01	0,40	0,40	3,297	8,07	14,4
	dp5,4	6,01	0,40	0,40	3,297	8,07	14,4
Pettemer Zeewering dijkvak 80	dp3	6,36	0,40	0,40	3,35	13,73	-1,77
	dp5	6,51	0,40	0,40	3,707	13,32	1,00
	dp8	6,53	0,40	0,40	3,78	13,42	0,84
	dp11	6,41	0,40	0,40	3,812	13,83	-2,93
	dp13	6,32	0,40	0,40	3,717	13,63	-5,01
Hondsbossche Zeewering dijkvak 60	dp0	6,32	0,40	0,40	3,465	13,63	-7,93
	dp2	6,56	0,40	0,40	3,476	12,91	-9,57
	dp7	6,42	0,40	0,40	3,276	13,53	-5,47
	dp12	6,41	0,40	0,40	3,381	13,83	-6,83
	dp18	6,42	0,40	0,40	3,045	12,91	-11,32
	dp23	6,42	0,40	0,40	3,35	13,94	-13,86
	dp28	6,39	0,40	0,40	3,255	13,32	-13,16
	dp30	6,39	0,40	0,40	3,644	13,94	-3,94
	dp36	6,44	0,40	0,40	3,308	13,83	-1,07
	dp40	6,46	0,40	0,40	3,35	13,73	-5,75
	dp44	6,46	0,40	0,40	3,696	13,63	-13,13

Voor het ontwerp van de kruinhoogte wordt uitgegaan van de ontwerpwaterstand, bepaald door SWL + stormopzet. Voor het ontwerp van overige mechanismen (stabiliteit en bekleding) wordt stormopzet buiten beschouwing gelaten.

2.3.3 Bodemdaling en profielaanpassingen

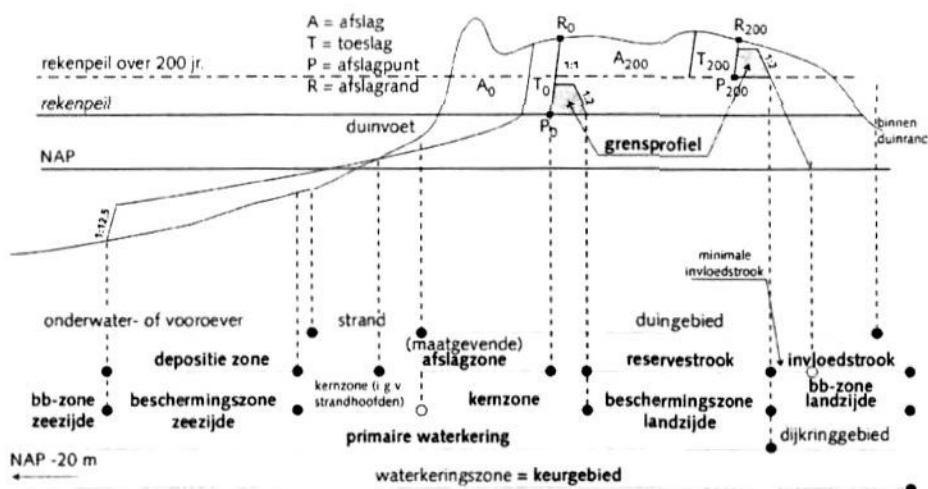
Uitgaande van een ongewijzigd dwarsprofiel van de dijken, dient ook de bodemdaling nog in rekening gebracht te worden. De bodemdaling is het gevolg van verschillende natuurlijke processen. De belangrijkste oorzaak van bodemdaling in de (zeewaartse) kustzone is de verticale beweging van pleistocene zandlagen en oudere aardlagen. Hierdoor kantelt Nederland. De kanteling vindt globaal plaats langs de lijn Emmen – Bergen op Zoom: het noordwesten daalt, het zuidoosten stijgt. Het effect van bodemdaling is dus van belang in het noordwesten van Nederland. Volgens de door RWS RIZA uitgegeven bodemdalingskaart bedraagt de bodemdaling voor de Helderse, Hondsbossche en Pettemer Zeewering 5-10 cm over een periode van 50 jaar volgens de ongunstigste scenario's (scenario 4, 5 en 6). Het achterland van deze keringen heeft een grotere verwachte bodemdaling. Voor de planperiode van 200 jaar wordt uitgegaan van 40 cm, dit is een conservatief uitgangspunt. De bodemdaling wordt verdisconteerd door het dijckprofiel te laten 'dalen' met 10 cm voor de periode van 50 jaar, met 40 cm voor 200 jaar. Dit gebeurt voor het hele dwarsprofiel, inclusief vooroever.

2.4 Duinen

2.4.1 Werkwijze ontwerp

Ook voor het planform design van duinen wordt op eenvoudige wijze een robuust ontwerp gemaakt. In het geval van duinen wordt met name op de positie van het afslagpunt en daarmee de ligging van het grensprofiel ontworpen. De ligging van het afslagpunt wordt bepaald met behulp van de methode zoals die is ooit is beschreven in de Leidraad Duinafslag (TAW, 1984). Voor de technische details van deze methode verwijzen wij naar het Basisrapport Zandige Kust (TAW, 1995) waarin deze Leidraad Duinafslag integraal is opgenomen.

De voor deze studie belangrijke elementen van duinafslagberekeningen zijn terug te vinden in Figuur 2-1. Eenvoudig gezegd wordt een bepaald afslagprofiel (bestaande uit een talud van 1:12,5 aan de zeewaartse kant, een parabolische vorm (lokaal bepaald door met name Rekenpeil, H_{0s} , D_{50}) in het midden gedeelte en een talud van 1:1 aan de landwaartse kant met de bovenkant van het parabolische deel op het rekenpeil) door een duinmassief geschoven tot het afgeslagen volume even groot is als het op de vooroever gedeponeerde deel. Vervolgens wordt nog een toeslagvolume in rekening gebracht in verband met enkele te verwachten onzekerheden (bui oscillaties, onzekerheden in het model etc.). Het meest landwaartse punt van het toeslagvolume op het rekenpeil wordt het afslagpunt P genoemd. Het punt waar het toeslagvolume het duinprofiel snijdt wordt de afslagrand R genoemd. Figuur 2-1 laat verder nog zien wat het effect is van veranderende randvoorwaarden en hoe de verschillende zones afgeleid zijn van de berekeningsuitkomsten. Er wordt met name op de ligging van afslagpunt en de positie van het grensprofiel ontworpen. De basisstrategieën uit de Kustvisie, te weten landwaarts, consolideren en zeewaarts hangen ook sterk samen met deze positie van het grensprofiel.



Figuur 2-1. Samenhang tussen de waterkeringstechnische laag en de juridische laag (uit: TAW (2003))

De (toets)methode uit de Leidraad Duinafslag gaat uit van een piekperiode T_p van 12 sec. Veranderende inzichten in de golfrandvoorwaarden leren dat deze piekperiode (voor extreme omstandigheden) in werkelijkheid waarschijnlijk zo'n 4 a 5 seconden groter is. De daarmee gepaard gaande grotere hoeveelheid energie die het strand bereikt zorgt voor een grotere duinafslag. Om dit effect mee te nemen zou dus met een andere piekperiode moeten worden gewerkt. Op dit moment, echter, is er geen rekeninstrument beschikbaar waarmee de effecten van een dergelijke verandering in de golfrandvoorwaarden kunnen worden meegenomen. Voorlopig is voor de beheerdersoordelen gerekend met een toename van de hoeveelheid afslag boven rekenpeil met tussen de 30 en 50%. Voor deze studie wordt de beheerdersoordeel methode gebruikt voor het berekenen van duinafslag. Voor details over deze methode verwijzen we naar de beheerdersoordelen. Verwacht wordt overigens dat deze voor duinen gehanteerde methode aan de veilige kant is.

Hoewel de rekenregels redelijk eenvoudig zijn is berekening met de hand onbegonnen werk, mede met het oog op het grote potentiële aantal te bestuderen raaien. De bovenbeschreven duinafslag rekenregels zijn ondermeer geïmplementeerd in de Universal Coastal Intelligence Toolkit (UCIT – spreek uit *Use it!*) die door WL|Delft Hydraulics wordt ontwikkeld. De duinafslagberekeningen in dit rapport zijn met het UCIT instrumentarium gemaakt.

2.4.2 Hydraulische randvoorwaarden en overige input

Voor de huidige ligging van het grensprofiel wordt in principe uitgegaan van een berekening op basis van de verzwaarde hydraulische randvoorwaarden zoals die zijn gebruikt in de beheerdersoordelen. Voor bepaalde onderdelen van de analyse (bijvoorbeeld voor het bepalen van een referentie situatie bij de aansluitingen), zijn de hydraulische randvoorwaarden uit het Hydraulische Randvoorwaardenboek 2001 (Min V&W, 2002) gebruikt. Verder worden de korreldiameters uit het Basisrapport Zandige Kust (TAW, 1995) gebruikt als uitgangspunt. De huidige toetsrandvoorwaarden (zowel uit het Randvoorwaardenboek als uit de Beheerdersoordelen Kust) zijn verhoogd volgens het 50 jaar midden scenario en het 200 jaar maximum scenario (zie Tabel 2-2) om tot ontwerprandvoorwaarden te komen.

2.4.3 Profielaanpassingen

Voor berekeningen onder het midden en het maximum scenario dient een profielophoging gelijk met de zeespiegelstijging te worden doorgevoerd. Deze ophoging is gebaseerd op het uitgangspunt dat het kustlijnhandhavingsbeleid gehandhaafd blijft. In overleg met de opdrachtgever is besloten deze profiel verhoging alleen te laten gelden voor het zeewaartse deel van het profiel (tot de duinvoet). Ook voor de strategieën (landwaarts, consolideren en zeewaarts) zijn profielaanpassingen in de vorm van duinversterkingen noodzakelijk. De toegepaste methodieken worden nader beschreven bij de uitwerking van de basisvarianten.

2.5 Kosten

Op basis van de ontwerpen gemaakt volgens de hiervoor beschreven methoden, zijn ramingen gemaakt van aanleg- en onderhoudskosten. De hoeveelheden zijn voor de Planform Design Fase globaal bepaald. De kostenramingen zijn gebaseerd op eenheidsprijzen, zoals verkregen van onder andere Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland.

De aanlegkosten zijn berekend als de initiële investering. Gegeven de globale opzet van de raming is geen rekening gehouden met onzekerheden. Bij het ramen van de kosten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Genoemde bedragen zijn exclusief BTW;
- Er is uitgegaan van het huidig prijspeil;
- De netto contante waarde is bepaald voor een periode van 50 jaar, uitgaande van 6% rente en een gemiddelde inflatie van 2%;
- De onderhoudskosten zijn per periode gelijk, er is hier (nog) geen rekening gehouden met de ontwikkeling van de onderhoudskosten over de tijd;
- aannemersoplagen zijn inclusief verzekeringen.

Uitgegaan wordt van aanleg in jaar 0. De beschikbaarheid van materialen is afhankelijk van onder andere het gelijktijdig uitvoeren van verschillende werken waarvoor dezelfde grondstoffen nodig zijn en (wijzigingen in) het beleid aangaande de winning van delfstoffen. Het tijdstip van uitvoering houdt ook verband met de gelijktijdigheid van werken. De beschikbaarheid van materialen en het tijdstip van uitvoering worden hier (nog) buiten beschouwing gelaten.

2.5.1 Aanlegkosten

De raming van de aanlegkosten bestaat uit de volgende onderdelen:

Directe kosten	
Indirecte kosten	+
Primaire kosten	
Bijkomende kosten	
Diversen	+
Basisraming	
Onvoorzien	+
Subtotaal	
B.T.W.	+
Projectkosten	

Onder deze onderdelen wordt het volgende verstaan:

- De directe kosten zijn kosten die direct toegerekend kunnen worden aan een onderdeel van het werk, zoals materiaal aanbrengen of verwijderen. Hergebruik van materiaal en omzetten wordt buiten beschouwing gelaten omdat de raming in deze fase globaal is en er nog niks bekend is over combinaties van verschillende locaties. Bij maatregelen met een beperktere fysieke ingreep kan omzetten van materialen de prijs reduceren. Constructies zoals damwanden, keermuren etc. ten behoeve van bijvoorbeeld bebouwing of opritten worden buiten beschouwing gelaten.
- Indirecte kosten zijn kosten die niet direct toegerekend kunnen worden aan een onderdeel, maar die wel gemaakt moeten worden om het werk te kunnen maken, dit zijn de aannemerstoelagen. Deze zijn geraamd als een percentage van de directe kosten.
- De primaire kosten zijn de som van de directe en de indirecte kosten oftewel de aanneemsom exclusief B.T.W.
- Aangezien ontwerpen veelal nog verder gedetailleerd moeten worden voor tot uitvoering overgegaan kan worden, dient rekening gehouden te worden met bijkomende kosten voor engineering en onderzoek. Hierbij inbegrepen is tevens verwerving van grond en opstallen;
- De post diversen bestaat uit verwachte kosten voor nadere detaillering, dit is een percentage van de primaire kosten;
- Onvoorzien is een toeslag op de raming voor planwijzigingen en wijzigingen ten gevolge van extra complexiteit en wordt bepaald als een percentage van de basisraming.

De percentages en kosten voor materialen, grondverwerving en opstallen staan gegeven in Appendix B.

De projectkosten zijn slechts een indicatie! De hoeveelheden en aantallen zijn zeer globaal bepaald. Benodigde hoeveelheden materiaal zijn per maatregel veelal bepaald op basis van een enkel dwarsprofiel. De te verwerven bebouwing is globaal geïnventariseerd aangezien gedetailleerde informatie niet beschikbaar was. De nu geraamde kosten zullen bij nadere detaillering dan ook zeker nog wijzigen!

2.5.2 Onderhoudskosten

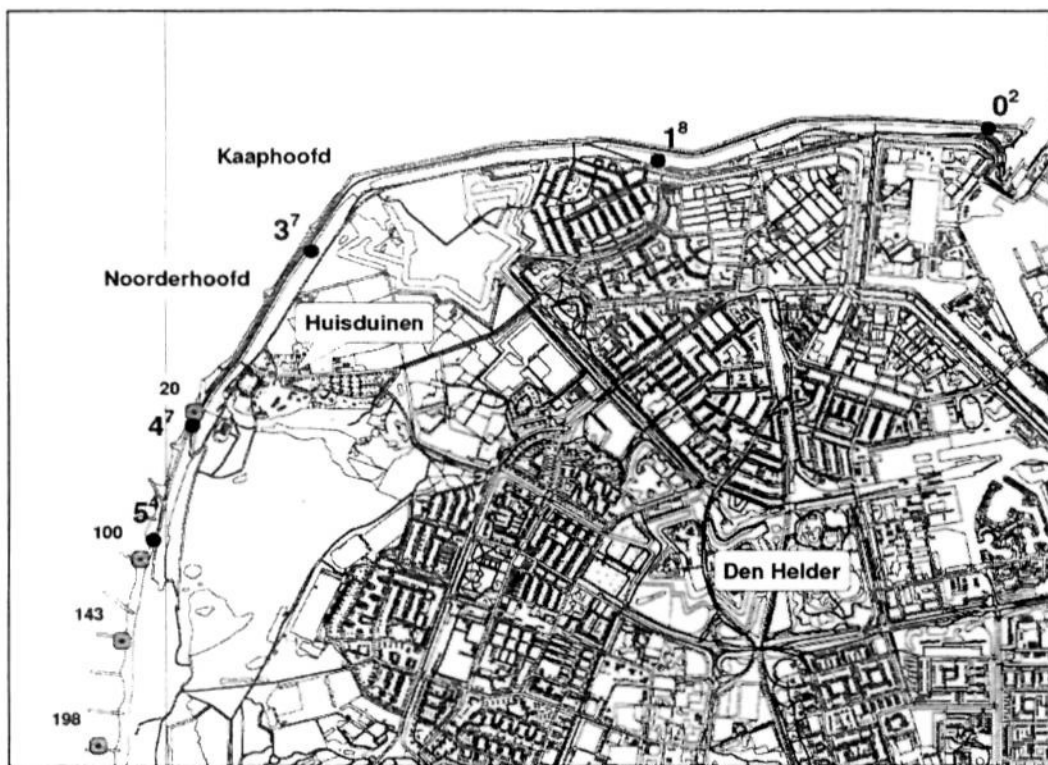
Voor de zandige kust bestaan het onderhoud uit regelmatig suppleren om de kustlijn te handhaven. De kosten hiervoor zijn direct gerelateerd aan de hoeveelheid kubieke meters te suppleren zand voor aanleg. Voor de dijken bestaan de kosten uit grasonderhoud, oppervlaktebehandeling van de asfaltglooiing en bijstorten van de steenbestorting. Beheerskosten als inspectie en toetsing zijn niet geraamd.

De onderhoudskosten van de harde keringen zijn geraamd als een jaarlijks bedrag per km. Aan de Hondsbossche en Pettemer zeewering (ca. 6 km) geeft het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier ca. € 350.000 uit, aan de Helderse zeewering (5 km). € 300.000. De beheerskosten van 1 km dijk worden daarom gesteld op € 60.000 per km. Wanneer een dijk wordt verwijderd levert dit een besparing op dit onderhoud op. De onderhoudskosten zijn geraamd als kosten per kilometer en verder niet gerelateerd aan de omvang van de dijk.

3 Helderse zeewering

De Helderse zeewering is aangemerkt als een zwakke schakel in het beheerdersoordeel. In het beheerdersoordeel is de invloed van bodemdaling en zeespiegelstijging niet meegenomen. Door deze invloeden nu wel mee te nemen in de beoordeling, wordt beoogd inzicht te verkrijgen in de situatie over 50 en 200 jaar.

De waterkering is op hoogte beoordeeld door voor meerdere dwarsprofielen het overslagdebiet en de benodigde kruinhoogte te bepalen. De dwarsprofielen worden aangeduid bij hun dijksaalnummer, bijvoorbeeld dp 0,2. In deze fase van de Planstudies zijn 5 dwarsprofielen bekeken. Dp 0,2 ligt bij Land's End aan de veerhaven en is in feite geen deel van de Helderse zeewering, maar een havendam. Dp 1,8 ligt tussen de haven en het kaaphoofd. Dp 3,7 en 4,7 liggen tussen de verlengde Helderse zeewering en het Kaaphoofd en dp 5,4 ligt bij de aansluiting van de verlengde Helderse zeewering op het duingebied, zie ook onderstaande kaart (Figuur 3-1).



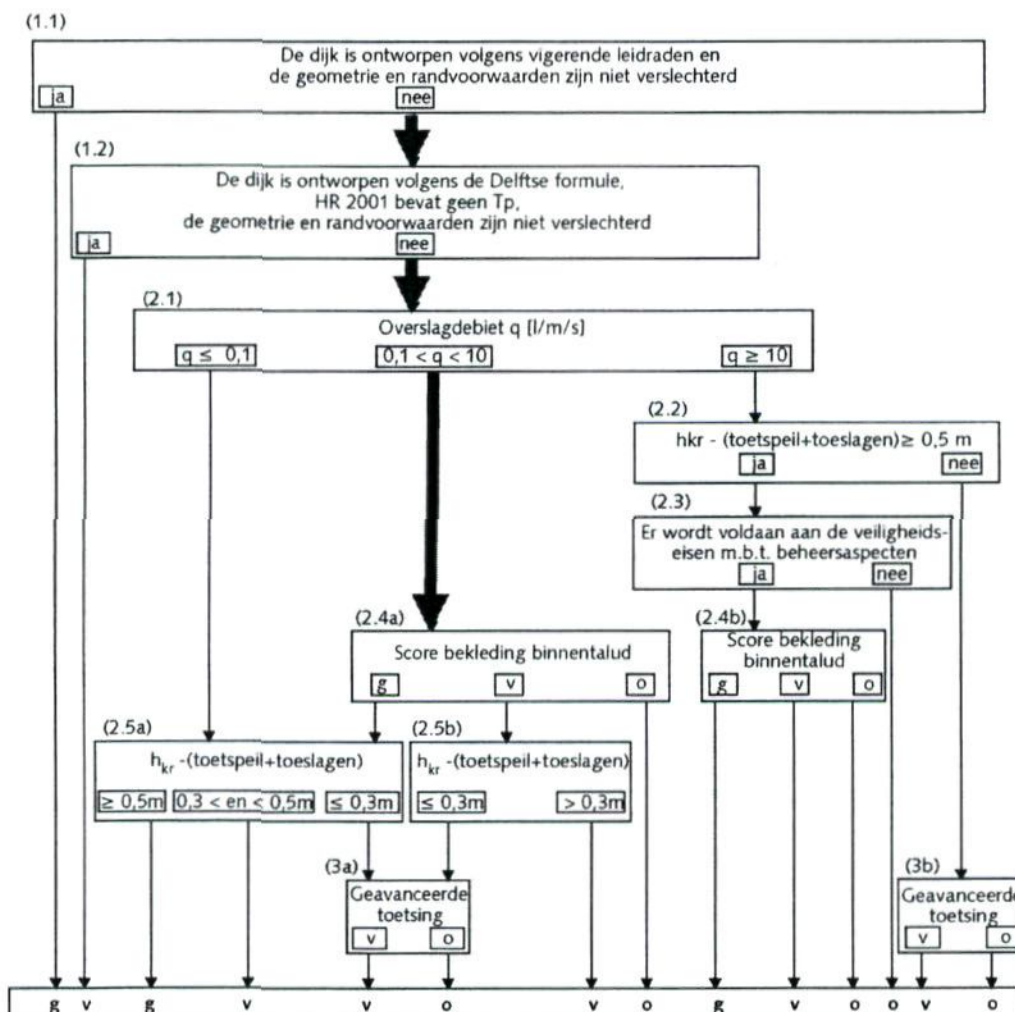
Figuur 3-1: Overzichtskartaal Helderse zeewering met dijksaalnummers.

De beoordeling vindt plaats volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV). In het VTV wordt men aan de hand van toetsschema's stapsgewijs door een beoordeling geleid van eenvoudige beoordeling waarvoor geen berekening nodig is, via gedetailleerd naar geavanceerd, waarvoor specialisten nodig zijn, zodat men uiteindelijk uitkomt bij een score 'goed', 'voldoende' of 'onvoldoende'. Als het toetsschema niet geheel doorlopen kan worden doordat gegevens of randvoorwaarden ontbreken is de score 'geen oordeel', er dient

dan nader onderzoek plaats te vinden. In Figuur 3-2 staat met dikke pijlen aangegeven welke route door het schema voor de Helderse zeewering van belang is.

Als de kering minimaal ontwerp kwaliteit heeft, dan is de score 'goed'. Daarbij wordt onder ontwerp kwaliteit verstaan dat aangetoond is dat aan ontwerp eisen wordt voldaan met gebruikmaking van toetsuitgangspunten en -randvoorwaarden. Ligt de sterkte beneden het niveau waarop een voor de veiligheid acceptabele situatie optreedt, dan is direct verbetering nodig. Ligt de sterkte beneden ontwerp kwaliteit, maar boven het niveau van een onmiddellijk onveilige situatie dan is de score 'voldoende'. Bij een score 'voldoende' wordt nog voldaan aan de norm.

Het streven van de beheerder dient te zijn voor alle waterkeringen in zijn gebied minimaal de score 'voldoende' te hebben. De toetsing op hoogte wordt doorlopen volgens Figuur 5-4.1 uit de VTV (zie Figuur 3-2). In het nu volgende zullen de verschillende stappen nader worden toegelicht.



Figuur 3-2: Beoordelingsschema hoogtetoetsing (VTV figuur 5-4.1) (De dikke pijlen markeren de voor dit hoofdstuk relevante stappen, 'g' = goed, 'v' = voldoende, 'o' = onvoldoende)

Stap 1.1 en 1.2:

In de eerste stap van de beoordeling wordt gekeken of de dijk is ontworpen volgens vigerende leidraden en of de geometrie en randvoorwaarden zijn niet verslechterd. Aangezien gerekend wordt met de zwaardere randvoorwaarden uit Beheerdersoordelen Kust moet ook Stap 2 worden uitgewerkt.

Stap 2.1: Overslagdebiet

Indien het overslagdebiet kleiner dan 0,1 l/m/s is, wordt doorgedaan naar Stap 2.5a, alwaar beoordeeld wordt of de marge tussen kruinhoogte en waterstand voldoende groot is. Indien het overslagdebiet tussen 0,1 en 10 l/m/s is, dient het binnentalud beoordeeld te worden in Stap 2.4a. Indien het overslagdebiet groter dan 10 l/m/s is, moet ook gekeken worden naar de gevolgen ten aanzien van toegankelijkheid en wateroverlast in Stap 2.2 en 2.3. Aangezien het overslagdebiet kleiner is dan 10 l/m/s wordt niet verder ingegaan op deze methode.

Stap 2.4a: Score bekleding binnentalud

De bekleding op het binnentalud wordt beoordeeld op erosiebestendigheid volgens katern 8 van het VTV.

3.1 Eerste inzicht

De Helderse Zeewering is getoetst aan de hand van de boven beschreven stappen. In de berekeningen is de bodemdaling verdisconteerd door voor de 50 jaar periode het hele profiel met 0,10 m te laten 'dalen'. Zeespiegelrijzing is verdisconteerd door verhoging van het toetspeil met 0,30 m. De resultaten zijn samengevat in Tabel 3-1 tot en met 3-3 en worden hier kort besproken.

Tabel 3-1: Beoordeling hoogte T=0 jaar.

Dijkvak	raai	aanwezige kruin-hoogte [m tov NAP]	kruinhoogte tbv q=0,1 l/m/s T=0 jaar [m tov NAP]	overslag-debiet q T=0 jaar [l/m/s]	vervolg op stap 2.1	marge [m] uitkomst stap 2.5a
Helderse Zeewering dijkvak 85	dp0,2	7,59	7,615	0,108	2.4a	
	dp1,8	10,67	7,46	0	2.5a	3,21 → g
	dp3,7	11,83	9,928	0,003	2.5a	1,90 → g
	dp4,7	17,77	9,934	0	2.5a	7,84 → g
	dp5,4	16,87	9,934	0	2.5a	6,97 → g

Tabel 3-2: Beoordeling hoogte T=50 jaar

Dijkvak	raai	aanwezige kruin-hoogte [m tov NAP]	kruinhoogte T=50 jaar [m tov NAP]	benodigde kruin-hoogte T=50 jaar [m tov NAP]	overslag- debiet q T=50jaar [l/m/s]	vervolg op stap 2.1	marge [m] uitkomst stap 2.5a
Helderse Zeewering dijkvak 85	dp0,2	7,59	7,49	7,833	0,317	2.4a	
	dp1,8	10,67	10,57	7,594	0	2.5a	2,98 → g
	dp3,7	11,83	11,73	10,260	0,007	2.5a	1,47 → g
	dp4,7	17,77	17,67	10,244	0	2.5a	7,44 → g
	dp5,4	16,87	16,77	10,805	0	2.5a	5,87 → g

Voor dp 0,2 dient voor de huidige situatie en voor over 50 jaar de bekleding op het binnentalud beoordeeld te worden middels Stap 2.4a. Het kruinhoogtetekort bedraagt momenteel 2 cm. Over 50 jaar is het tekort 34 cm. Dp 0,2 ligt echter ter plaatse van de kade bij het veer, dit is wel van belang voor de waterkering, maar wordt niet gezien als dijk.

Tabel 3-3: Beoordeling hoogte T=200 jaar

Dijkvak	raai	aanwezige kruin-hoogte [m tov NAP]	kruinhoogte T=200 jaar [m tov NAP]	benodigde kruin-hoogte T=200 jaar [m tov NAP]	overslag- debiet q T=200jaar [l/m/s]	vervolg op stap 2.1	marge [m] uitkomst stap 2.5a
Helderse Zeewering dijkvak 85	dp0,2	7,59	7,19	9,407	126	2.2	
	dp1,8	10,67	10,27	8,902	0,001	2.5a	3,73
	dp3,7	11,83	11,43	11,993	0,265	2.4a	
	dp4,7	17,77	17,37	12,58	0	2.5a	11,26
	dp5,4	16,87	16,47	11,964	0	2.5a	10,36

Voor de situatie over 200 jaar is voor dwarsprofiel 3,7 de erosiebestendigheid van het binnentalud van belang. Nadere analyse hiervan valt buiten het kader van dit project. Om het overslagdebiet te reduceren tot minder dan 0,1 l/m/s is een verhoging van de dijk kruin van 56 cm nodig. Uitgaande van een helling van circa 1:3 op binnen- en buitentalud is 3,36 m verbreding van de waterkering nodig. Indien de verhoging binnen de huidige breedte van de waterkering opgelost dient te worden zonder de kruin te zeer te versmallen, dient het binnentalud versteild te worden. Voor dwarsprofiel 0,2 is het overslagdebiet erg groot. Zoals al eerder gesteld betreft dit een gedeelte dat van minder belang is voor de veiligheid van het achterland.

Uit de resultaten van deze quickscan wordt afgeleid dat voor dwarsprofiel 0,2 sprake is van een kruinhoogtetekort voor de overslag van 0,1 l/m/s. Dit geldt voor de huidige situatie en de situatie over 50 jaar. Gezien het feit dat dp 0,2 meer een functie als havendam heeft dan als dijk, is dit tekort niet ernstig. Aangezien voor het overige de hoogte voldoende is om het overslagdebiet $q=0,1$ l/m/s te keren, wordt ook ruimschoots voldaan aan het ontwerpcriterium $q=1$ l/m/s uit de Leidraad Zee- en Meerdijken (TAW, 1999) voor de situatie over 50 jaar. Met uitzondering van dwarsprofiel 0,2 bieden de beschouwde profielen voldoende veiligheid. Dwarsprofiel 0,2 is echter minder relevant voor de veiligheid aangezien het hier een uitloper van de dijk betreft en niet de feitelijke waterkering.

In de situatie over 200 jaar volgens het maximum scenario neemt het overslagdebiet bij dp 0,2 toe. Het overslagdebiet bij dwarsprofiel 3,7 neemt toe tot circa 0,2 l/m/s. Zeedijken worden veelal ontworpen op een toelaatbaar overslagdebiet van 1 l/m/s. Voorwaarde is dat het binnentalud voldoende erosiebestendig is, de komberging voldoende is en bebouwing achter de dijk geen overlast ondervindt. Te zijner tijd zal dit nog nader moeten worden onderzocht.

3.2 Hoe verder

De Helderse zeewering was bij toetsing met de randvoorwaarden uit het Hydraulisch Randvoorwaardenboek 1996 in eerste instantie aangemerkt als zwakke schakel. Er werd toen wel aangegeven dat deze randvoorwaarden niet echt realistisch waren omdat de afscherming door Texel en de invloed van de Razende Bol niet goed werden meegenomen. Bij de latere verzwaarde golftrandvoorwaarden (2003) werd deze afscherming wel goed verwerkt.

Uit de resultaten van deze quickscan blijkt dat de Helderse zeewering met deze nieuwe randvoorwaarden voor de beschouwde profielen, met uitzondering van dwarsprofiel 0,2, voldoende veiligheid biedt voor nu en voor 50 jaar. Vastgesteld is dat de tekorten voor dwarsprofiel 0,2 niet ernstig zijn omdat dit een uitloper van de dijk betreft en niet de feitelijke waterkering. Op basis van deze analyse wordt de Helderse zeewering dus niet beschouwd als zwakke schakel. Er behoeven voor de termijn van 50 jaar geen ingrepen op de kruinhoogte te worden gepleegd. Uitgangspunt bij de Helderse is dat eventuele ingrepen binnen het huidige ruimtebeslag van de dijk plaatsvinden. Gezien de beperkte ingrepen die slechts voor dwarsprofiel 3,7 op deze termijn worden voorzien is een verdere analyse van het ruimtebeslag voor over 200 jaar daarmee niet nodig.

4 Kop Van Noord-Holland

4.1 Algemeen

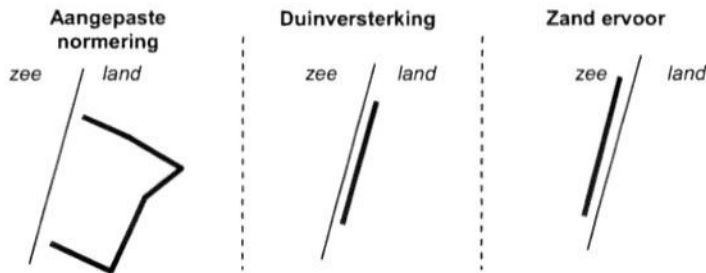
Het plangebied voor de Kop van Noord-Holland strekt zich uit van Petten in het zuiden tot Huisduinen in het noorden, zie onderstaande figuur (Figuur 4-1).



Figuur 4-1: Overzicht projectgebied Kop van Noord-Holland met jarkusraaien.

In het beheerdersoordeel van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier hebben de Jarkus raaien 928 en 1123 t/m 1381 een 'onvoldoende' hebben gekregen in de toetsing. Het betreft hier een duinenkust. Het probleem bij het Botgat kan eenvoudig lokaal in het duingebied worden opgelost. Voor het gebied van raai 1123 t/m 1381, het gebied tussen Callantsoog en Groote Keeten, wordt gekeken naar de volgende basisvarianten:

- Callantsoog dijkkring/aangepaste normering
- Landwaartse duinversterking (grensprofiel moet er in passen)
- Zand ervoor
 - Zand voor de kust (onder water/op het strand/tegen de duinen aan)



Figuur 4-2. Kop van Noord-Holland: Schematisch overzicht van de uit te werken varianten.

4.2 Variant 1: Landwaarts – Callantsoog Aangepaste Normering

De idee achter deze basisvariant is dat de veiligheidsnorm van het achterland behorend bij een ontwerpwaterstand met een overschrijdingskans van 1:10.000 per jaar gehandhaafd blijft, maar dat Callantsoog in een apart dijkkringgebied komt te liggen met een andere (lagere) norm. Aangezien het achterland nog wel beschermd moet zijn op basis van de 1:10.000 norm, dient een waterkering tussen Callantsoog en de rest van het huidige dijkkringgebied aanwezig te zijn. Deze dijkkringscheidingsdijk of slaperdijk is geprojecteerd aan de oostzijde van Callantsoog, vervolgens noordwaarts om bij Groote Keeten weer aan te sluiten op de duinen. Door langs dit tracé een nieuwe waterkering te construeren wordt Callantsoog buiten het huidige dijkkringgebied gebracht en komt de waterkering van dijkkringgebied Noord-Holland oostelijker te liggen. Deze dijk wordt ontworpen op de norm van 1:10.000. De waterkering aan de westzijde van Callantsoog dient voldoende veiligheid te bieden volgens de nieuwe norm voor dit gebied. Er wordt vanuit gegaan dat de norm voor het nieuwe dijkkringgebied Callantsoog gelijk zal zijn aan 1:4.000. Dit is de norm die ook geldt voor onder andere Texel en de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden.

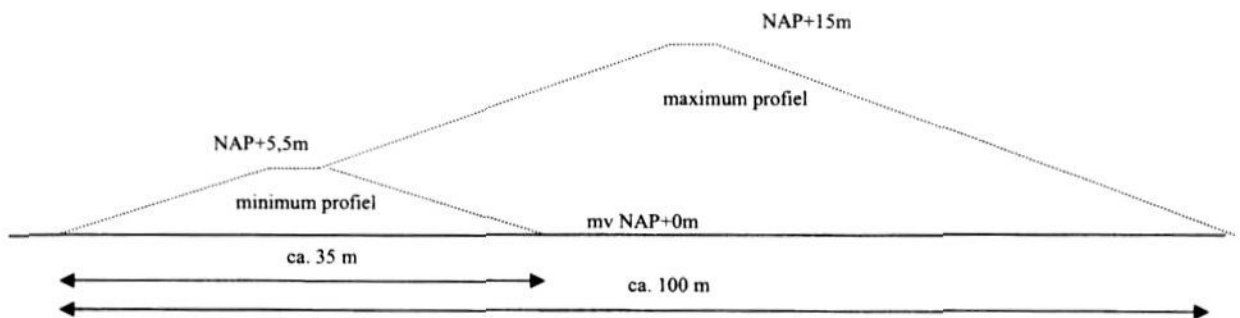
Bij de tracékeuze (zie ook Appendix A) is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande verhogingen in het terrein. Aan de zuidzijde ligt duingebied Callantsoog, met een uitloper die doorloopt in de Zijperzeedijk. Aan de noordzijde ligt de Noord-Schinkeldijk en Helmdijk. De lengte van de dijken is 7,6 km. Het duingebied Callantsoog lijkt voldoende hoog. Gecontroleerd moet worden of er sprake is van een doorgaande duinregel tussen de uitloper van het duin en de eerste duinregel. Potentieel moet lokaal het duin aangevuld worden. De kruin van de uitloper van het duin ligt op NAP +8m, de kruin van de Zijperzeedijk ligt op NAP +4,5m. De kruin van de Noord-Schinkelsedijk ligt op NAP +3m. Het maaiveld ligt op circa NAP +0m. Op de overzichtskaart in de bijlage is het tracé bovenlangs Groote Keeten getrokken.

Ten aanzien van de afmetingen geldt dat niet bekend is op welke ontwerprandvoorwaarden de aangepaste ringdijk moet worden gedimensioneerd. De eerste kering wordt gevormd door de duinen. Wanneer die bezwijken onder de maatgevende omstandigheden met een kans op voorkomen van 1:10.000 (of eerder) gaat de slaperdijk haar functie vervullen. De duinenrij zal doorbroken zijn en de waterstand in dijkkringgebied Callantssoog gelijk worden aan de waterstand op zee. De golfbelasting die daarbij op zal treden op de slaperdijk is moeilijk te kwantificeren omdat niet bekend is waar de bresvorming plaats zal vinden en hoe groot de golfindringing zal zijn. Om toch een indruk te krijgen van de mogelijke oplossingen is in deze planform design fase een maximum- en een minimumoptie gedefinieerd.

De maximumoptie is een variant waarin ervan uitgegaan wordt dat de voorliggende duinregel die Callantssoog moet beschermen onder 1:10.000 omstandigheden is weggevaagd (maar dat het voorland gehandhaafd blijft) en dat de slaperdijk als eerste kering functioneert.

Bij de minimumoptie wordt uitgegaan van een beperkte doorbraak in het duinmassief onder de 1:10.000 omstandigheden. De waterstand in het gebied zal stijgen maar de golfindringing zal sterk worden gereduceerd. Op basis hiervan wordt aangenomen dat de belasting van de slaperdijk beperkt blijft tot een hoge waterstand in het dijkkringgebied Callantssoog met alleen lokaal opgewekte golven.

Voor de maximumoptie gaan wij uit van een dijk van circa 15 m hoog en een breedte van buiten- tot binnenteen van circa 100 m ten opzichte van de huidige 30 à 50 m. In de minimumoptie is een waterkering met een hoogte tot NAP +5,5m nodig (zie ook Figuur 4-3).



Figuur 4-3. Minimum en maximum optie van de slaperdijk.

Het is nog niet bekend welke inspanning geleverd moet worden om de duinkust tussen Callantssoog en Groote Keeten te laten voldoen aan de norm 1:4.000.

4.2.1 Eerste inzicht

In deze paragraaf worden de eerste inzichten aangaande het ontwerp van deze basisvariant besproken. In deze fase is voor de kostenschatting volstaan met een inschatting van het benodigde materiaal voor een representatief dwarsprofiel. Om tot een schatting van de totale kosten te komen zijn deze hoeveelheden vermenigvuldigd met de tracélengte en eenheidsprijzen. Aanvullend op het grondverzet bestaan de directe kosten uit grondverwerving, amoveren van woningen en verleggen van wegen. Tabel 4-1 en 4-2 geven een samenvatting van respectievelijk de hoeveelheden grondverzet en het ruimtebeslag.

Tabel 4-1: Hoeveelheden grondverzet (globaal).

	lengte [km]	minimum per dwp [m ²]	maximum per dwp [m ²]	minimum [m ³]	maximum [m ³]
<i>50 jaar</i>					
uitloper duin	1	-	561	-	561.000
Zijperzeedijk	3,2	33	678	106.000	2.169.600
NoordSchinkeldijk e.v.	3,4	65	710	221.000	2.414.000
Totaal				336.921	5.314.125

Het ruimtebeslag van de maatregel is als volgt:

Tabel 4-2: Ruimtebeslag (globaal).

	lengte [km]	verbreding bij minimum optie per dwp [m ¹]	verbreding bij maximum optie per dwp [m ¹]	minimum ruimtebeslag [ha]	maximum ruimtebeslag [ha]
<i>50 jaar</i>					
uitloper duin	1	-	52	-	5,2
Zijperzeedijk	3,2	6	73	1,9	23,4
NoordSchinkeldijk e.v.	3,4	15	82	5,1	27,9
totaal	7,6			7,0	56,4
<i>200 jaar</i>					
uitloper duin	1	-	82	-	8,2
Zijperzeedijk	3,2	17	103	5,4	33,0
NoordSchinkeldijk e.v.	3,4	26	112	8,8	38,1
totaal	7,6			14,2	79,3

De kosten van de opties verschillen sterk. Een belangrijke oorzaak is dat er in de minimumoptie slechts beperkte versterking uitgevoerd hoeft te worden en over een deel van het slaperdijktraject geen ingreep nodig is. De maximumoptie beslaat een groter oppervlak en vereist meer materiaal. Tabel 4-3 geeft een overzicht van enkele voor deze variant verkregen inzichten.

Tabel 4-3: Overzicht Callantsoog Aangepaste Normering (globaal).

	Callantsoog aangepaste normering
aanlegkosten	13 – 142 M€
onderhoudskosten	0,5 M€/jaar
NCW 50 jaar	19 – 148 M€ per nu
ruimtebeslag 50 jaar	7 – 56 ha
ruimtebeslag 200 jaar	14 – 79 ha
schatting aantal gebouwen	5 – 10

4.2.2 Hoe verder

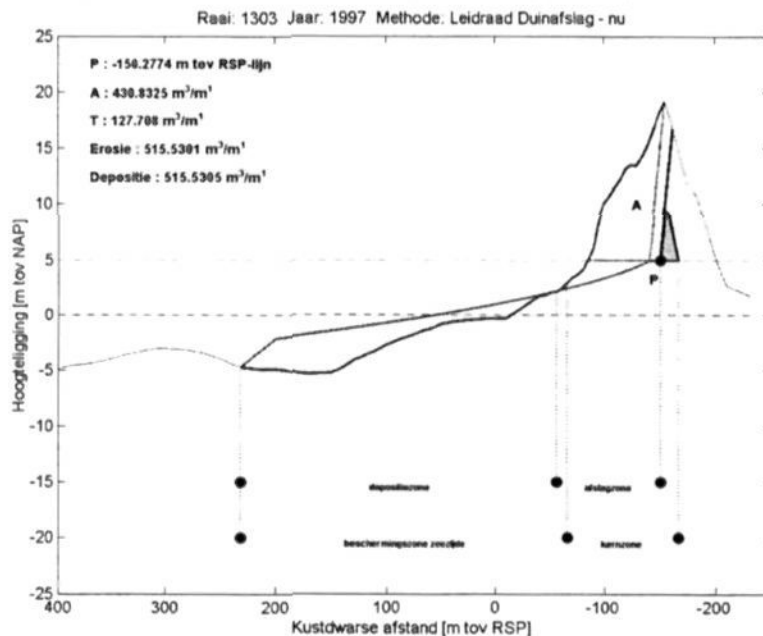
Ten aanzien van het tracé moet een voorlopige keuze gemaakt worden. De keuze betreft met name het tracé door Groote Keeten, bijvoorbeeld door het dorp of noord- of zuidom. In Fase 4 en verder kan het tracé nog geoptimaliseerd worden.

Het verschil in kosten en ruimtebeslag voor de verschillende opties is erg groot. Voorgesteld wordt om gedetailleerder de randvoorwaarden te bepalen.

Overschrijdingsfrequenties van waterstanden en golven dienen bekend te zijn om te kunnen bepalen wat de veiligheid/overstromingsfrequentie van dijkring Callantsoog is met betrekking tot bedreiging vanuit zee. Op basis van die gegevens kan de benodigde inspanning voor het in stand houden van de duinen als waterkering bij een ontwerpwaterstand met een overschrijdingsfrequentie van 1:4.000 worden bepaald.

4.3 Variant 2: Landwaartse Duinverbreding

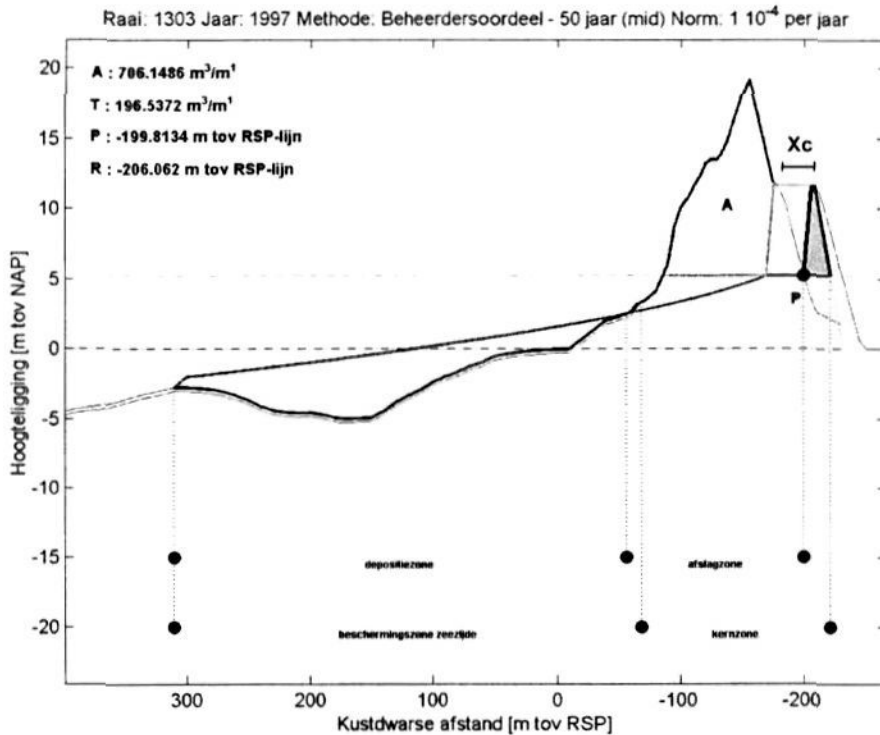
Voor de variant Landwaartse Duinverbreding bekijken we hoeveel zand er eventueel extra nodig is om het duin van Callantsoog aan de norm uit de Wet op de waterkering (Wow) te laten voldoen voor de huidige verzwaarde randvoorwaarden, die over 50 jaar en die over 200 jaar. Bij de uit te voeren berekeningen gaat het om het bepalen van het duin waar gegeven de ontwerprandvoorwaarden het grensprofiel nog juist in past.



Figuur 4-4. Afslagsom voor raai 1303 onder 'huidige' toets randvoorwaarden.

Voor de Planform Design fase wordt raai 1303 bekeken, welke precies voor Callantsoog ligt. Ter indicatie geldt dat met de huidige toetsrandvoorwaarden als voorgeschreven in de Hydraulische randvoorwaarden 2001 ($R_p = 4.95$ m, $H_0s = 9.4$ m, $D_{50} = 218 \mu\text{m}$) voor deze raai geldt dat met de methode uit de Leidraad Duinafslag het afslagpunt op ca. -150 m ten opzichte van RSP0 komt te liggen (zie ook Figuur 4-4). Onder de verzwaarde randvoorwaarden en een ontwerplevensduur van 50 jaar past het grensprofiel hier niet meer in het duin. Om de vraag te beantwoorden hoeveel zand aan het duinmassief moet worden toegevoegd om het grensprofiel, voor een ontwerplevensduur van 50 jaar, de verzwaarde golfrandvoorwaarden en de rekenmethode uit het beheerdersoordeel, nog juist in het duin te laten passen hebben wordt het JARKUS profiel aan de landzijde aangevuld. De aanvulling wordt geschematiseerd door aan de achterkant van het duinmassief, een horizontale lijn ter hoogte van de bovenkant van het grensprofiel vanuit het duin landwaarts te trekken met op een bepaalde afstand X_c van de duinflank een talud terug naar het JARKUS profiel van 1:3 (of anders naar 0 m NAP).

Met een X_c van -34 m wordt het duin zodanig landwaarts versterkt dat onder verzwaarde omstandigheden ($R_p = 4.95$ m, $H_0s = 9.6$ m, $T_p = 16.9$ s), met de methode uit het beheerdersoordeel (50% extra afslag, $D_{50\text{start}} = 218 \mu\text{m}$ en $D_{50+50\%} = 155 \mu\text{m}$) en het midden scenario voor veranderende randvoorwaarden (verhoging dwarsprofiel +0,30 m, zeespiegel +0,30 m), het grensprofiel weer juist binnen het duin past (zie ook Figuur 4-5).



Figuur 4-5. Afslagsom met benodigde landwaartse duinversterking voor raai 1303 onder 50 jaar verzwaarde omstandigheden en met de methode uit het beheerdersoordeel (50 % extra).

Het volume dat voor deze versterking voor 50 jaar extra benodigd is, is $306 \text{ m}^3/\text{m}$. Stel dat we deze versterking over 3.000 m zouden moeten aanbrengen (van raai 1123 t/m 1381 plus nog rondom raai 928) dan gaat het om een totaal zand volume van $3.000 \cdot 306 = 918.000 \text{ m}^3$. Omdat het nieuwe zand in het duin wordt aangebracht, heeft dit geen invloed op de ligging van de kustlijn. Er is er geen sprake van grootschalig zandverlies richting zee. De suppletiebehoefte voor de handhaving van de BKL blijft overigens gewoon bestaan.

Uitgaande van een vergelijkbare profielverschuiving bij de binnenduinrand bedraagt het ruimtebeslag behorende bij de berekening voor 50 jaar ca. 10,2 ha. Voor de omstandigheden over 200 jaar bedraagt de benodigde uitbreiding met deze wijze van versterken, naar schatting nog een extra 40 m. Het totale ruimtebeslag komt daarmee op ca. 22 ha.

4.3.1 Eerste inzicht

De kosten voor landwaartse verzwaaring voor een tijdshorizon van 50 jaar bedragen zo'n 39 M€ uitgaande van aanbrengen in de droge. In deze schatting is onder andere rekening gehouden met circa 50 te verwijderen woningen en 72 ha te verwerven grond. Naast kosten voor aanbrengen van het duin, verwerving van de grond en amoveren van woningen bestaan de directe kosten uit verleggen van wegen. Aangezien de maatregel beslag legt op een deel van de bebouwde kom van Callantsoog zullen de uiteindelijke kosten significant groter zijn dan de som van de afzonderlijke elementen. In deze fase kunnen de kosten slechts op globale wijze geschat worden.

Het is een voordeel om de duinen aan de landkant te versterken. De materiaalkosten voor aanleg en onderhoud aanmerkelijk lager uitvallen dan een versterking aan de zeekant (zie volgende paragraaf). Het aanbrengen van het zand aan de landzijde kent daarentegen weer een aantal grote bezwaren van een andere orde. Niet alleen is de uitvoeringsmethode complexer en leidt deze tot meer overlast dan suppleren op het strand, bovendien dienen grond en opstallen verworven te worden en moeten wegen verlegd worden. De maatregel zal daardoor naar verwachting op minder draagvlak kunnen rekenen. Tabel 4-4 geeft een overzicht van enkele voor deze variant verkregen inzichten.

Tabel 4-4: Overzicht landwaartse versterking (globaal).

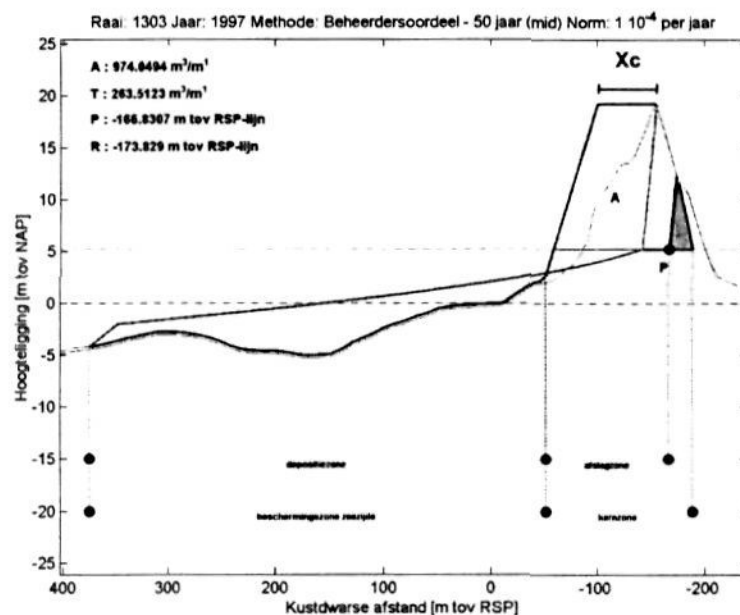
	Landwaartse duinverbreding
aanlegkosten	39 M€
onderhoudskosten	Geen grootschalig zandverlies naar zee
NCW 50 jaar	39 M€ per nu
ruimtebeslag 50 jaar	10 ha
ruimtebeslag 200 jaar	22 ha
schatting aantal gebouwen	50

4.3.2 Hoe verder

De hier beschreven analyse is uitgevoerd voor één raai. Om een beter inzicht te krijgen in de consequenties van deze variant en te optimaliseren ten aanzien van ruimtebeslag bij de bebouwde kom van Callantsoog zullen meerdere raaien moeten worden geanalyseerd. Ook kan nog gekeken worden of andere manieren om de versterking aan te brengen een besparing in het ruimtebeslag kunnen opleveren.

4.4 Variant 3: Zand ervoor

Bij de variant Zand ervoor kijken we hoeveel zand er aan de zeewaartse kant moet worden bijgelegd om het grensprofiel onder verzwaarde omstandigheden nu, voor 50 en voor 200 jaar nog juist in het duin te laten passen. Het duin wordt hiertoe verstevigd aan de zeekant.



Figuur 4-6. Afslagsom voor raai 1303 met zeewaartse versterking (50 jaar randvoorwaarden).

Om de vraag te beantwoorden hoeveel zand we in dit geval moeten bijleggen voor omstandigheden van over 50 jaar zijn enkele indicatieve sommen gemaakt. We schematiseren de versterking door vanuit de eerste duintop een horizontale lijn zeewaarts te trekken met op een bepaalde afstand X_c van de duintop een talud terug naar het JARKUS profiel van 1:3.

4.4.1 Eerste inzicht

Met een X_c van 55 m ligt onder verzwaarde omstandigheden ($R_p \approx 4.95$ m, $H_{0s} = 9.6$ m, $T_p = 16.9$ s), met de methode uit het beheerdersoordeel (50% extra afslag, $D_{50_{start}} = 228$ μm , $D_{50_{+50\%}} = 147$ μm) en het midden scenario voor veranderende randvoorwaarden (verhoging dwarsprofiel +0,30 m, zeespiegel +0,30 m), het grensprofiel nog juist binnen het duingebied (zie Figuur 4-6).

Het volume dat hiervoor extra benodigd is, is $604 \text{ m}^3/\text{m}$ (dus exclusief het volume benodigd voor de profielophoging). Stel dat we deze versterking over 3000 m zouden moeten aanbrengen (van raai 1123 t/m 1381 plus nog rondom raai 928) dan gaat het om een totaal zand volume van $3.000 * 604 = 1.812.000 \text{ m}^3$. Ook het onderhoud is van belang. Omdat op het moment van schrijven van dit rapport de morfologische studie nog niet is afgerond, zijn nog geen schattingen van zandverliezen beschikbaar. In overleg met de opdrachtgever is besloten om uit te gaan van een verlies van 20 % per jaar (dit zal in de morfologische studie meer nauwkeurig moeten worden uitgezocht!). Voor de gebruikelijke levensduur van 5 jaar zou dan een hoeveelheid van $3.05 * 1.812.000 \text{ m}^3 = 5.526.600 \text{ m}^3$ neergelegd moeten worden. Het extra benodigde zand ($3.714.600 \text{ m}^3/5 \text{ jaar} = 742.920 \text{ m}^3/\text{jaar}$) kan beschouwd worden als onderhoud. De geraamde kosten van aanleg bedragen 43 M€. De kosten van onderhoud bedragen zo'n 5 M€/jaar.

Aangezien de versterking aan de zeezijde van het duin plaatsvindt, is er geen sprake van ruimtebeslag binnendijks. De benodigde zeewaartse uitbreidingen bedragen in deze vorm 55 en 100 m respectievelijk voor een periode van 50 en 200 jaar. Tabel 4-5 geeft een overzicht van enkele voor deze variant verkregen inzichten.

Tabel 4-5: Overzicht zand ervoor (globaal).

	Zand ervoor
aanlegkosten	43 M€
onderhoudskosten	5 M€/jaar
NCW 50 jaar	107 M€ per nu
ruimtebeslag 50 jaar	17 ha (maar zeewaarts)
ruimtebeslag 200 jaar	30 ha (maar zeewaarts)
schatting aantal gebouwen	0

In vergelijking met de landwaartse variant is de voor aanleg en onderhoud van de zeewaartse variant benodigde hoeveelheid zand aanmerkelijk groter. Wanneer kort achter de duinen veel huizen staan kan het toch een reëel alternatief zijn. Hiervoor is een meer gedetailleerde analyse noodzakelijk welke plaats zal vinden in Fase 4 en verder.

4.4.2 Hoe verder

De hier beschreven analyse is uitgevoerd voor één raai. Om een beter inzicht te krijgen in de consequenties van deze variant zullen meerdere raaien moeten worden geanalyseerd. Hierbij

moet vooral ook gekeken worden naar de achter het duingebied liggende functies. Om een conservatieve schatting te geven kan bijvoorbeeld met jaren worden gerekend waarvoor de MKL gelijk is aan de BKL. Daarnaast bestaat de mogelijkheid het zand niet alleen op het duin aan te brengen, maar ook lager in het profiel, wat goedkoper is, dit heeft mogelijk weer meer verlies tot gevolg.

4.5 Samenvatting resultaten

Om de verschillende basisvarianten met elkaar te kunnen vergelijken worden voor verschillende belangrijke aspecten de per variant geschatte waarden in een zogenaamde groeitabel naast elkaar gezet (zie Tabel 4-6). Gedurende het project kan naar mate deze aspecten nauwkeuriger worden onderzocht de groeitabel steeds worden aangevuld en uitgebreid met andere aspecten.

Tabel 4-6: Groeitabel voor de Kop van Noord-Holland (globaal).

	Callantsoog aangepaste normering	Landwaartse duinverbreding	Zand ervoor
aanlegkosten	13 – 142 M€	39 M€	43 M€
onderhoudskosten	0,5 M€/jaar	Geen grootschalig zandverlies naar zee	5 M€/jaar
NCW 50 jaar	19 – 148 M€ per nu	39 M€ per nu	107 M€ per nu
ruimtebeslag 50 jaar	7 – 56 ha	10 ha	17 ha (zeewaarts)
ruimtebeslag 200 jaar	14 – 79 ha	22 ha	30 ha (zeewaarts)
schatting aantal gebouwen	5 – 10	50	0

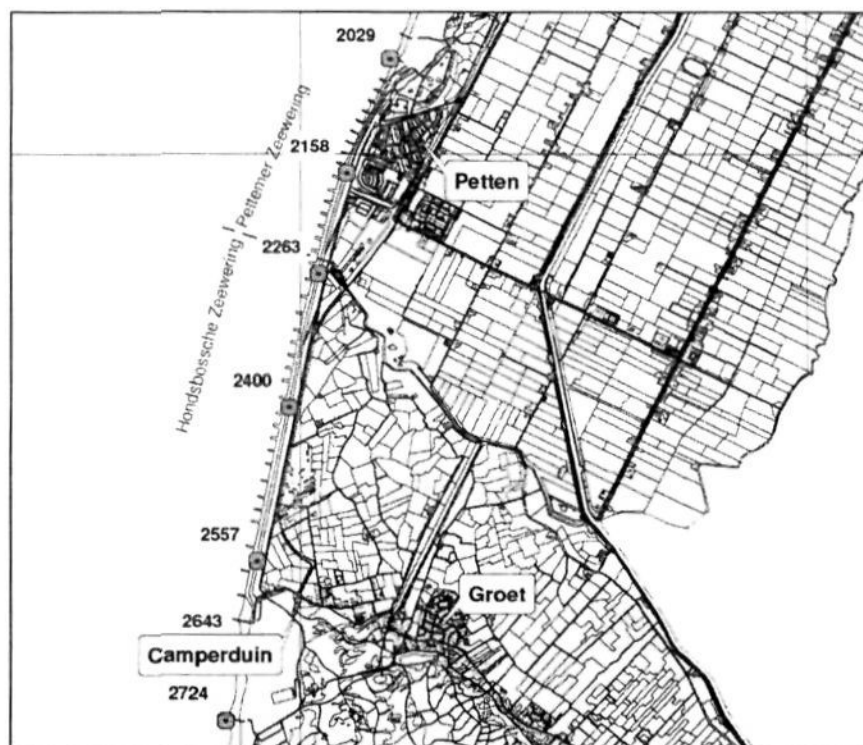
Op basis van de hier gemaakte ruwe schattingen zijn de alternatieven zand ervoor en landwaartse duinverbreding redelijk goed met elkaar te vergelijken. Hoewel de zeewaartse oplossing met name in onderhoud duurder is kan in dichtbebouwde gebieden de voorkeur toch naar deze variant gaan. De grotere onderhoudskosten, echter, zouden als een belangrijk element in de totale kosten voor de periode van 50 jaar in de overwegingen moeten worden meegenomen. Het is echter belangrijk om te realiseren dat de gehanteerde schatting van 20% verlies per jaar zeer conservatief is. De daadwerkelijke verliezen zullen, zeker gemiddeld over een periode van 50 jaar, waarschijnlijk een stuk kleiner zijn. Bovendien is belangrijk om te definiëren wat precies met verlies wordt bedoeld. Wanneer het zand door afslag van het duin op de voorover terecht komt functioneert het bijvoorbeeld nog wel voor de veiligheid.

Aan de variant met de aangepaste normering kleven op dit moment nog veel onzekerheden aangaande randvoorwaarden die de slaperdijk zou moeten kunnen keren. De spreiding tussen de minimum en maximum oplossing is dan ook nog groot. Nader onderzoek zal hierin meer duidelijkheid moeten scheppen.

5 Hondsbossche en Pettemer Zeewering

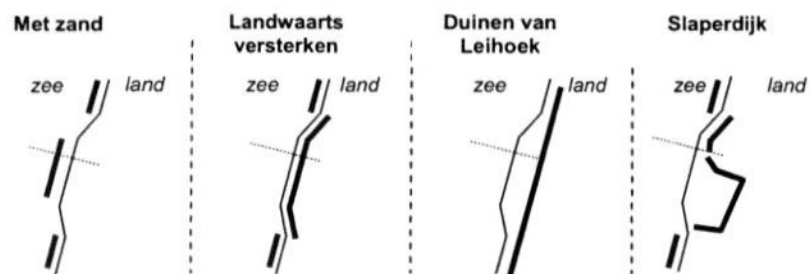
5.1 Algemeen

De Hondsbossche en Pettemer zeeweringen verbinden de duinen bij Camperduin en bij Petten. De twee zeeweringen vormen één doorgaand dijklichaam. De zeeweringen liggen erg naar voren ten opzichte van de naastgelegen duinen. De Pettemer zeewering is 1,6 km lang, de Hondsbossche zeewering is 4,4 km lang. Voor de dijkvakken liggen strandhoofden.



Figuur 5-1: Overzicht Pettemer en Hondsbossche zeewering met Jarkusraaien.

Voor de Hondsbossche en Pettemer zeewering, die in het beheedersoordeel als zwakke schakel zijn aangemerkt, worden de volgende basisvarianten uitgerekend (zie ook Figuur 5-2): met zand, landwaartse versterking, duinen van Leihoek en een slaperdijk variant.

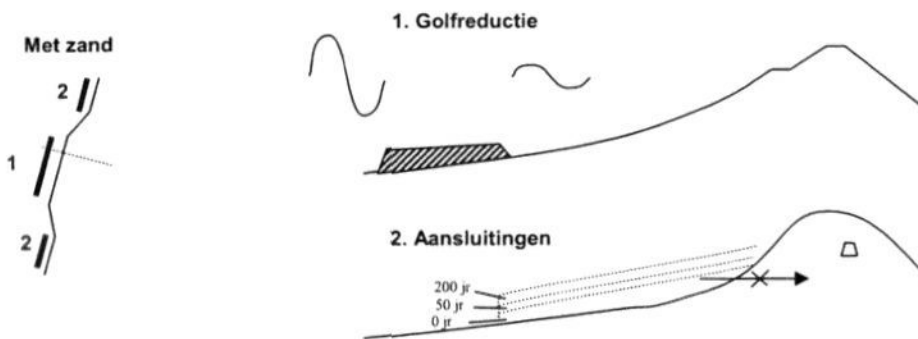


Figuur 5-2. Hondsbossche zeewering: Schematisch overzicht van de uit te werken varianten.

Bij de analyses is in de ophoophberekeningen uitgegaan van een ruwe taludbekleding op het buitentalud boven de berm van de Hondsbossche Zeewering, zoals voorgesteld in het beheerdersoordeel van het Hoogheemraadschap als no-regret maatregel. Momenteel wordt vervanging van de doorgroeistenen en de grasbekleding voorbereid. De damwand in de kruin van de Pettemer zeewering die als noodmaatregel wordt geplaatst om het overslagdebiet te beperken is buiten beschouwing gelaten aangezien die een tijdelijke maatregel betreft.

5.2 Variant I: Zand ervoor

In de eerste variant wordt de kering veilig gemaakt met alleen zand. Onderstaande figuur laat zien dat dit alternatief uit twee onderdelen bestaat. Enerzijds moet gekeken worden naar de hoeveelheid zand die nodig is om de golven dermate te reduceren dat de dijk in zijn huidige status veilig is. Daarnaast moet worden gekeken naar hoe de aansluitingsconstructie veilig gemaakt kan worden.



Figuur 5-3. Hondsbossche zeewering: Schematisch overzicht van de uitwerking van het alternatief 'met zand'.

Profielverandering tbv golfreductie

Golfreductie dient de ophoop en overslag te beperken. Aanpassingen aan de bekleding om de golfoploop te remmen worden buiten beschouwing gelaten aangezien de bekleding op het buitentalud van de Hondsbossche verbeterd wordt als no-regret maatregel in het kader van Zwakke Schakels (in voorbereiding). Uitgegaan wordt van reductie van de golfoploop tot minder dan 0,1 l/m/s op de buitenkruinlijn.

Voor het planform design van de basisvariant 'zand ervoor' is gekeken naar twee mogelijkheden waarop golfreductie bewerkstelligd kan worden.

1. *Reductie van de golfhoogte met behulp van een golfbrekend element.* In deze optie wordt getracht de golven te reduceren door middel van een significante profielverandering (bijvoorbeeld een grote zandbank of andere golfdempende of -brekende constructie). De maximale golfoverslag over de kruin geeft aan in hoeverre de golven aan de teen van de dijk gereduceerd dienen te worden.
2. *Reductie van de golfhoogte door verhoging van de bodem.* In deze optie wordt getracht de golven te reduceren door middel van profiel ophoging. De als zand aangegeven gedeelten van het dwarsprofiel worden in stapjes verhoogd bij gelijke helling totdat de ophoop voldoende gereduceerd is.

Naast de genoemde profielverhoging door middel van grootscheepse suppleties zijn off-shore maatregelen mogelijk. Opties zijn zandbanken, golfbrekers of golfdempers. Om de benodigde zandhoeveelheden voor deze opties te bepalen zijn meer gedetailleerde analyses nodig die in het bestek van de Planform Design fase niet zijn uitgevoerd.

Voor analyse van de eerste optie, ontbreken nu de randvoorwaarden. De tweede optie is wel bekeken voor de randvoorwaarden over 50 jaar. Met PC-Overslag is nagegaan hoeveel de vooroever verhoogd moet worden tot de golfoploop voldoende gereduceerd is. Uitgaande van aanbrengen van zand onder een talud van 1:100 vanaf de berm wordt voor zowel de Hondsbossche als de Pettemer zeekering de golfoploop dermate geremd dat het overslagdebiet kleiner dan 0,1 l/m/s is. De zandmassa strekt zich dan uit van de berm tot NAP over circa 320 m. Het benodigde zandvolume bedraagt dan zo'n 600 m³/m¹. Het zand kan worden aangebracht door middel van suppletie.

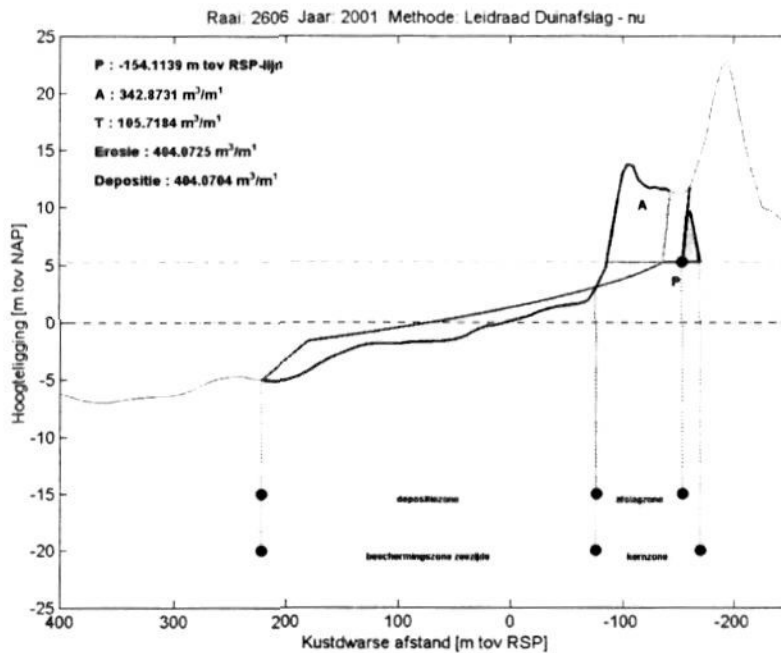
Het volgens de berekening met PC-Overslag benodigde volume voor de Hondsbossche zeekering is 600 m³/m¹, voor 4,45 km is 2,7 Mm³ in totaal. Voor de Pettemer zeekering is het benodigd volume 600 m³/m¹ voor 1,35 km, oftewel 0,8 Mm³ in totaal. De totale hoeveelheid voor aanleg bedraagt daarmee 3,5 Mm³ voor het veilig maken van de dijk alleen. Ook het onderhoud is van belang. In overleg met de opdrachtgever is ook hier uitgegaan van een verlies van 20% per jaar wat betekent dat initieel 3,05*3,5 Mm³ = 10,7 Mm³ dient te worden neergelegd.

Opgemerkt wordt dat voor een dergelijke megasuppletie het verlies niet als percentage van het aanlegvolume kan worden geschat. In de kustmorfologische analyse zal over het zandverlies een nadere uitspraak gedaan moeten worden. Daarnaast zal de grote hoeveelheid zand voor de dijk leiden tot grote hoeveelheden stuifzand, waardoor de onderhoudskosten voor de harde kering ook zullen toenemen. Gesteld dat bij aanleg het aangebrachte zand de golfoverslag afdoende zou kunnen reduceren, dan is het bovendien nog de vraag hoelang dit zand deze functie succesvol zal blijven vervullen onder invloed van wind, golven en getij.

Naast deze onzekerheden over de onderhoudshoeveelheden is bij de iteratieve bepaling van de gewenste bodem om tot voldoende oploopreductie te komen, gebleken dat PC-Overslag zeer gevoelig is voor kleine verhogingen en verlagingen. De reductie van de golfhoogte door de bodemligging vindt in PC-Overslag pas plaats als de waterdiepte gelijk is aan de golfhoogte. De grote gevoeligheid van PC-Overslag biedt weinig vertrouwen voor de toepasbaarheid van dit model in deze analyse. Vanwege de gevoeligheid van PC-Overslag is geen ontwerp gemaakt met een ontwerplevensduur van 200 jaar. Voor de detailanalyse zal voor dit probleem een oplossing moeten worden gezocht.

Versterking van de aansluitingen

Het tweede element betreft de aansluitingen. We bekijken hier de aansluiting bij Camperduin in wat meer detail en beschouwen de uitkomsten als een indicator voor de kosten bij Petten. Bij Camperduin kijken we naar Raai 2606. In het beheerdersoordeel van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is geconcludeerd dat bij deze raai voor de zwaardere golfcondities het grensprofiel juist niet meer in het duin past. Er is veel zand nodig om dit te corrigeren. De vraag die hier gesteld wordt is hoeveel zand nodig is om het grensprofiel op de plek te houden waar die nu ligt, gegeven de hydraulische randvoorwaarden 2001 en de afslagmethode uit de Leidraad Duinafslag. Met de hydraulische randvoorwaarden 2001 (Rp = 5.25 m, H0s = 9.1 m, D50 = 238 µm) ziet een afslagsom voor raai 2606 (ligt over de aansluitconstructie) er uit als in Figuur 5-4.

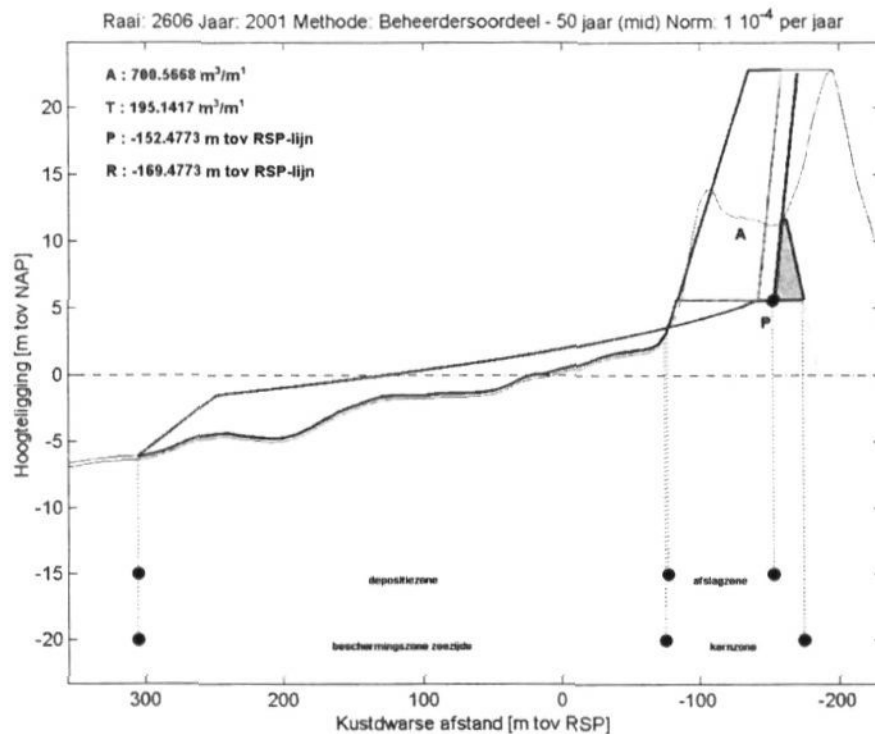


Figuur 5-4. Afslagsom voor raai 2606 onder 'huidige' toets randvoorwaarden.

Om een indicatie van kosten van aanleg en onderhoud te krijgen is voor nu gekeken naar de situatie over 50 jaar. Om de vraag te beantwoorden hoeveel zand we in dit geval moeten bijleggen om het grensprofiel op zijn plek te houden zijn enkele indicatieve sommen gemaakt. Voor Raai 2606 geldt onder de omstandigheden als voorgeschreven in de Hydraulische Randvoorwaarden uit 2001 en met de methode uit de Leidraad Duinafslag van 1984, dat het afslagpunt op ca -154 m tov RSP komt te liggen. Een van de mogelijkheden om het grensprofiel onder zwaardere omstandigheden op zijn plek te houden is door het duin zeewaarts aan te vullen. We schematiseren dit nu door vanuit de eerste duintop een horizontale lijn zeewaarts te trekken met op een bepaalde afstand X_c van de duintop een talud terug naar het JARKUS profiel van 1:3.

Met een X_c van 60 m ligt onder verzwaarde omstandigheden ($R_p = 5.25$ m, $H_0s = 9.38$ m, $T_p = 16.5$ s), met de methode uit het beheerdersoordeel (50% extra afslag, $D_{50_{start}} = 238 \mu\text{m}$, $D_{50_{50\%}} = 190 \mu\text{m}$) en het middenscenario voor veranderende randvoorwaarden (verhoging dwarsprofiel +0,30 m, zeespiegel +0,30 m), het afslagpunt over 50 jaar met -152 m ruwweg op dezelfde plek (zie Figuur 5-5).

Het volume dat hiervoor extra benodigd is (dus exclusief het volume benodigd voor de bodem ophoging), is $626 \text{ m}^3/\text{m}$. Stel dat we deze versterking over 500 m zouden moeten aanbrengen dan gaat het om een totaal zand volume van $500 * 626 = 313.000 \text{ m}^3$. Stel dat we ook rekening houden met het onderhoud (in overleg met de opdrachtgever hanteren we een verlies van 20% per jaar, maar dit zou in latere fasen meer nauwkeurig moeten worden uitgezocht!) dan zou voor een levensduur van 5 jaar een hoeveelheid van $3.05 * 313.000 \text{ m}^3 = 954.650 \text{ m}^3$ neergelegd moeten worden. Het extra benodigde zand ($641.650 \text{ m}^3/5$ jaar = $128.330 \text{ m}^3/\text{jaar}$) kan beschouwd worden als onderhoud. Kosten van aanleg bedragen dan 3,7 M€. De kosten van onderhoud bedragen dan 1,8 M€/jaar. De kosten voor beide aansluitingen zijn dan 7,4 M€ voor de aanleg en 3,6 M€/jaar voor het onderhoud.



Figuur 5-5. Afslagsom voor raai 2606 met consolidatie van het grensprofiel (200 jaar randvoorwaarden).

Opgemerkt moet worden dat het om kosten redenen niet waarschijnlijk is dat een versterking met een tijdshorizon van 200 jaar nu al zou worden aangebracht. Een berekening met een dergelijke tijdshorizon is normaal gesproken nodig om het ruimtebeslag voor deze tijdstermijn te bepalen. Indicatieve berekeningen geven aan dat voor een tijdshorizon van 200 jaar een extra 35 meter aan de zeezijde nodig zou zijn.

Verder moet naast de bovenbeschreven duinversterkingsmethode gekeken worden naar alternatieve methoden als aanvullingen op de vooroever (lokale ophoging van het dwarsprofiel) en zeewaartse verschuiving van het gehele dwarsprofiel vanaf de duintop.

5.2.2 Eerste inzicht

Bepaling van de voor golfreductie benodigde hoeveelheid zand is nu slechts *zeer* grofstoffelijk uitgevoerd. De uitkomsten van de olopoberekeningen zijn bovendien zeer gevoelig gebleken voor kleine variaties. Een meer betrouwbare berekening van de benodigde hoeveelheden zand voor aanleg en onderhoud moet in de volgende fases worden gemaakt. Een belangrijke onzekerheid is het verlies aan zand per jaar naar dieper water en nabijgelegen kustvakken door de vooruitgeschoven positie van de Hondsbossche en Pettemer zeewering. Daarmee is de onderhoudsbehoefte ook onzeker. De flexibiliteit van werken met zand maakt het echter wel mogelijk om op redelijk korte termijn de kering op een gewenst veiligheidsniveau te brengen. Dit punt zal zeker nader moeten worden onderzocht in de volgende fases.

Tabel 5-1: *Overzicht zand ervoor (globaal)*

	zand ervoor
aanlegkosten	195 M€
onderhoudskosten	11 M€/jaar
NCW 50 jaar	343 M€/nu
ruimtebeslag 50 jaar	geen, want buitendijks
ruimtebeslag 200 jaar	geen, want buitendijks
schatting aantal gebouwen	geen, want buitendijks

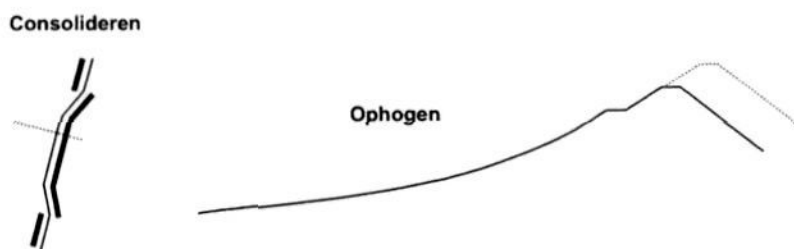
5.2.3 Hoe verder

Het ontwerp van deze variant bestaat uit de bepaling van de voor aanleg en onderhoud benodigde hoeveelheid zand voor de dijk die volgt uit de twee beschreven elementen. Conform de eerdere inschatting is de voor dit alternatief benodigde hoeveelheid zand waarschijnlijk groot. Onderhoudsinspanningen spelen daarbij een belangrijke rol. Het is echter belangrijk om te realiseren dat de gehanteerde schatting van 20% verlies per jaar zeer conservatief is. De daadwerkelijke verliezen zullen, zeker gemiddeld over een periode van 50 jaar, waarschijnlijk een stuk kleiner zijn.

Als ondersteunende maatregelen kan gedacht worden aan strandhoofden die tot voorbij het strand de zee in steken zodat het zand beter op zijn plaats wordt gehouden. Een enkele lange strekdam kan dezelfde functie vervullen. Om de benodigde hoeveelheid zand te beperken zowel voor aanleg als voor onderhoud, kan een hangend strand aangelegd worden door onderwater een drempel te leggen waardoor minder transport naar dieper water optreedt. De drempel kan bestaan uit een damwand of een parallelle 'submerged' golfbreker van breuksteen of 'zandworsten'; met zand gevulde zakken van geotextiel.

5.3 Variant 2: Landwaartse versterking

In deze variant wordt de kering veilig gemaakt door de dijk op de benodigde hoogte te brengen. Het gaat met name om het reduceren van overslag. Daarnaast moet worden gekeken naar hoe de aansluitingsconstructie veilig kan worden gemaakt. Hiervoor geldt echter grotendeels dezelfde berekening als in onderdeel één van de variant met zand. We kijken hier dus met name naar het veilig maken van de dijk zelf.



Figuur 5-6. *Hondsbossche zeedieng: Schematisch overzicht van de uitwerking van het alternatief 'landwaartse versterking'.*

De dijk wordt verhoogd zodat de overslag gereduceerd wordt tot minder dan 0,1 l/m/s. Het nieuwe dwarsprofiel wordt gevormd door het talud boven de berm door te trekken tot de gewenste kruinhoogte. De buitenkruinlijn komt hoger te liggen en verschuift landwaarts. De kruin is circa 3 m breed. Het binnentalud wordt onder 1:3 aangelegd. Aangenomen wordt

dat de steunberm aan de binnenteen en de bermsloot dezelfde afmetingen behouden, maar over een gelijke afstand landwaarts verplaatsen. Het ruimtebeslag wordt dus bepaald door de verschuiving van de binnenteen. Wanneer de berm rond het ontwerppeil ligt is deze niet verhoogd voor de berekening. De verbreding vindt binnendijs plaats. Er is uitgegaan van een binnentalud van 1:3. De variant is ingetekend op een topkaart. Deze is te vinden in de Appendix A.

Tabel 5-2: Overslag Hondsbossche en Pettemer Zeewering en benodigde kruinhoogte planperiode 50 jaar.

Dijkvak	raai	aanwezige kruin- hoogte [m tov NAP]	kruinhoogte T=50 jaar [m tov NAP]	overslagdebiet q T=50 jaar [l/m/s]	kruin-hoogte T=50 jaar q=0,1 l/m/s [m tov NAP]	benodigde verhoging [m]	verbreding van waterkering obv hoogte q=0,1 [m]
Pettemer Zeewering dijkvak 80	dp3	12,78	12,68	1,673	15,43	2,75	17,2
	dp5	12,68	12,58	14,611	19,03	6,45	38,0
	dp8	12,86	12,76	13,148	19,06	6,30	37,5
	dp11	12,785	12,69	14,047	19,31	6,62	38,6
	dp13	12,80	12,70	8,009	17,88	5,18	30,5
Hondsbossche Zeewering dijkvak 60	dp0	12,72	12,62	2,716	15,116	2,50	14,5
	dp2	11,85	11,75	3,839	15,12	2,94	17,1
	dp7	11,91	11,81	4,667	14,69	3,28	19,1
	dp12	11,79	11,69	4,746	15,09	3,27	19,4
	dp18	11,886	11,79	1,953	14,96	2,21	12,4
	dp23	11,995	11,90	2,881	14,00	2,73	15,7
	dp28	11,95	11,85	2,802	14,63	2,57	14,7
	dp30	11,96	11,86	4,438	14,42	3,27	18,8
	dp36	12,117	12,02	2,725	15,13	2,71	15,4
	dp40	12,30	12,20	3,840	14,73	2,86	16,2
dp44	12,28	12,18	3,951	15,06	2,84	16,2	

Voor twee dwarsprofielen is bepaald welke kruinverhoging nodig is om voor de planperiode van 200 jaar de overslag voldoende te beperken. De gekozen dwarsprofielen zijn van de Hondsbossche en de Pettemer zeewering de dwarsprofielen met het huidig ernstigst kruinhoogtetekort.

Tabel 5-3: Overslag Hondsbossche en Pettemer Zeewering en benodigde kruinhoogte planperiode 200 jaar.

Dijkvak	raai	aanwezige kruin- hoogte [m tov NAP]	kruinhoogte T=200 jaar [m tov NAP]	kruin-hoogte T=200 jaar q=0,1 l/m/s [m tov NAP]	benodigde verhoging [m]	verbreding van waterkering obv hoogte q=0,1 [m]
Pettemer Zeewering dijkvak 80	dp11	12,385	11,985	21,70	9,72	53
Hondsbossche zeewering	dp30	12,72	12,32	17,531	4,91	29

De hoeveelheid extra aan te brengen grond ten opzicht van de situatie T=50 jaar is 50 à 100 % groter. Het ruimtebeslag neemt toe tot circa 20 ha.

5.3.1 Eerste inzicht

De kruinverhoging voor een ontwerp met een levensduur van 50 jaar bedraagt 3 à 6,5 m voor de Pettemer zeewering en 2,5 à 3,5 m voor de Hondsbossche zeewering.

De verbreding van de dijk (de verplaatsing van de binnenteen) bedraagt 30 à 40 m voor de Pettemer zeewering en 10 à 20 m voor de Hondsbossche zeewering.

Het totale ruimtebeslag is daarmee 4,3 ha voor de Pettemer zeewering en 7,1 ha voor de Hondsbossche zeewering.

Voor het planform design wordt aangenomen dat alle benodigde grond verworven moet worden. De ruimte achter de Hondsbossche zeewering is overwegend agrarisch, achter de Pettemer zeewering is de grond bebouwd. Achter de Pettemer zeewering moeten daarom ook woningen geamoveerd worden.

Naast het grondverzet en ruimtebeslag worden de kosten bepaald door het aanbrengen van bekleding op het buitentalud. Momenteel wordt als noodmaatregel het buitentalud al deels voorzien van een harde bekleding tot de buitenkruinlijn. Er wordt vanuit gegaan dat het aan te brengen buitentalud bij de kruinverhoging bekleed wordt met gras. Dit dient in de nadere uitwerking geverifieerd te worden. Er zijn geen kosten voor opgenomen.

De projectkosten voor de versterking van de Pettemer zeewering bedragen circa 26 M€, voor de Hondsbossche zeewering zijn de aanlegkosten circa 29 M€. De aansluitingsconstructies worden versterkt als in de 'zand ervoor' variant. De versterking van het harde deel van de aansluitingsconstructie valt binnen de versterking van het harde deel van de kering.

Ten aanzien van de onderhoudskosten van de harde kering wordt ervan uitgegaan dat deze gelijk blijven. De onderhoudskosten van de aansluitingsconstructies zijn gelijk aan de onderhoudskosten in 'zand ervoor'.

Tabel 5-4: Overzicht landwaartse versterking (globaal)

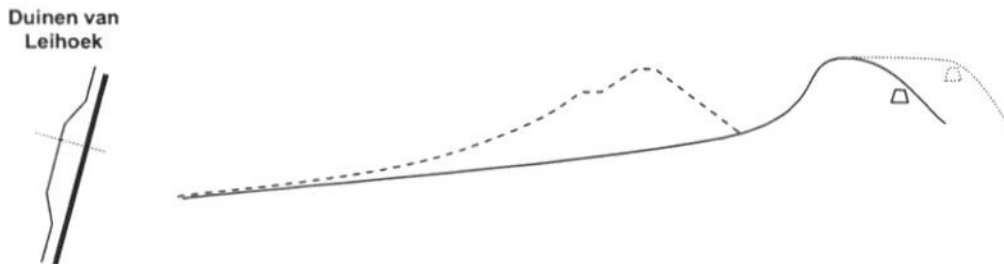
	landwaartse versterking
aanlegkosten	65 M€
onderhoudskosten	2 M€ per jaar
NCW 50 jaar	90 M€ per nu
ruimtebeslag 50 jaar	12 ha
ruimtebeslag 200 jaar	20 ha.
schatting aantal gebouwen	50

5.3.2 Hoe verder

In de volgende fasen moet een analyse inclusief de aansluitingsconstructies en de ruimtelijke consequenties worden gemaakt. Het ruimtebeslag voor T=200 jaar dient vastgesteld te worden.

5.4 Variant 3: Duinen van Leihoek

Bij de variant duinen van Leihoek ontwerpen we (1) een duin, landwaarts van de (te verwijderen) huidige Hondsbossche zeekering, dat breed genoeg is om zwaardere golfcondities te weerstaan (volgens de methode uit het beheerdersoordeel). En (2) maken we een inschatting van de kosten van het verwijderen van de huidige Hondsbossche zeekering.

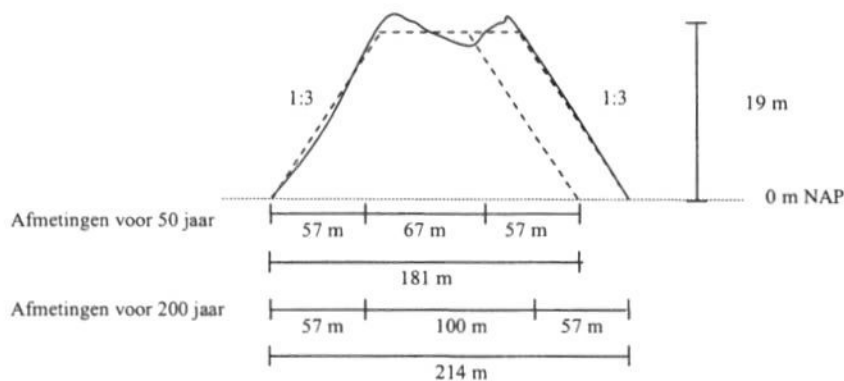


Figuur 5-7. Hondsbossche zeekering: Schematisch overzicht van de uitwerking van het alternatief 'Duinen van Leihoek'.

De kosten bestaan uit verwijderen van de bestaande Hondsbossche en Pettemer zeekering en aanleg van de nieuwe duinen.

5.4.1 Eerste inzicht

Enkele indicatieve sommen geven een indruk van het benodigde duinmassief. Op basis van een expert judgement hanteren we (even onafhankelijk van het kustprofiel ter plaatse en de hoogte van het maaiveld) het volgende schema voor het benodigde duin:



Figuur 5-8. Benodigd duin op basis van een expert judgement.

Voor een periode van 50 jaar is de aldus geschatte hoeveelheid zand boven 0 m NAP: $(67 + 57) * 19 = 2356 \text{ m}^3/\text{m}$. De nieuwe duinenrij moet gelden van Camperduin tot het Korfwater. Op basis van de kilometer raaien van de aansluitingen (aan de kant van Petten raai 2009 en aan de kant van Camperduin 2629) gaan we uit van een benodigde trace lengte in de orde van 6 kilometer. Dit geeft voor de benodigde hoeveelheid zand de volgende schatting: $2356 \text{ m}^3/\text{m} * 6000 \text{ m} = 14.136.000 \text{ m}^3$. Wat betreft de ligging gaan we voorlopig uit van het kortste trace waarbij het grensprofiel van het nieuwe duin aan beide zijden aansluit op het grensprofiel ter plaatse. Het tracé is ingetekend op een overzichtskaart, welke te vinden is in de Appendix A.

Ten aanzien van de onderhoudskosten kan geen indicatie gegeven worden omdat dit alternatief vrij ingrijpend kan zijn voor de kust als geheel en er mogelijk ook sprake kan zijn van een besparing op het onderhoud van de kust als geheel. Het onderhoudsvraagstuk zal aan de orde komen in de kustmorfologische analyse. Het kan nodig zijn voor het onderhoud om ook nog strandhoofden aan te leggen zoals dat ook elders in dit gebied het geval is. De noodzaak en eventueel het aantal hiervan wordt pas in een de volgende fasen bepaald.

Tweede element in deze afweging is het verwijderen van de Hondsbossche zeewering. De consequenties daarvan kunnen als volgt worden geschat. Het dwarsprofiel heeft gemiddeld een oppervlak van 600 m². Het benodigde grondverzet bedraagt daarmee voor een tracé van 6 km circa 3,6 miljoen m³.

De directe kosten voor verwijdering van de Hondsbossche en Pettemer zeewering worden geschat op 31 M€ + kosten verwijderen strandhoofden.

Het verwijderen van de Hondsbossche en Pettemer zeewering levert een besparing op ten aanzien van de suppletie voor aansluiting dijk-duin Camperduin en Petten.

De totale kosten voor aanleg van de duinen van Leihoek zijn circa 440 M€.

De variant beslaat 181 m²/m¹ voor 50 jaar en 214 m²/m¹ voor 200 jaar, maar is erop gebaseerd dat de grond tussen de huidige kustlijn en de nieuwe kustlijn aan de zee gegeven wordt. Op dit moment is nog niet bekend waar de nieuwe kustlijn precies komt te liggen en dus hoeveel grond er verloren gaat. Ter indicatie kan uitgegaan worden van nog een aanvullend grondverlies van ca 120 ha.

Tabel 5-5: Overzicht Duinen van Leihoek (globaal)

	Duinen van Leihoek
aanlegkosten	480 M€
onderhoudskosten	? M€ per jaar
NCW 50 jaar min - max	480 M€ per nu
ruimtebeslag 50 jaar	70 ha
ruimtebeslag 200 jaar	128 ha
schatting aantal gebouwen	300

5.4.2 Hoe verder

Hoewel de kosten van de aanleg van de duinen van Leihoek hoog zijn, kan het als een duurzame oplossing toch interessant zijn. Het is interessant om deze optie mee te nemen om de eventuele (on)haalbaarheid ervan expliciet te maken. De grote kans van deze optie is dat de huidige bastionvorm verwijderd wordt waardoor een meer natuurlijke kustlijn kan ontstaan.

5.5 Variant 4: Slaperdijk

De derde basisvariant is de Hondsbossche slaperdijk variant. In deze variant wordt de slaperdijk in het gebied benut om de gewenste veiligheid te creëren. Er zijn verschillende manieren te bedenken waarop deze variant zou kunnen worden uitgewerkt. In het overleg van 20 april heeft de projectgroep als basisvariant gekozen voor de 'Minimale Slaperdijk'. Het 'minimale' in deze variant is dat de huidige Hondsbossche in principe gehandhaafd wordt. Het gebied er achter krijgt echter een lagere norm. Gedacht wordt aan de norm van 1:4.000.

Minimale Slaperdijk



Figuur 5-9. Hondsbossche zeewering: Schematisch overzicht van de uitwerking van het alternatief 'Slaperdijk'.

Deze slaperdijkvariant bestaat uit de volgende onderdelen:

- de huidige Hondsbossche zeewering wordt gehandhaafd in de huidige vorm;
- de Pettemer zeewering wordt versterkt
- de bescherming van het achterland conform de Wow-norm wordt geleverd door de Hondsbossche Slaperdijk en de Oude Schoorlse Zeedijk.
- het gebied tussen de huidige Hondsbossche en de slaperdijk krijgt een lagere norm. Gedacht kan worden aan de norm van 1:4.000. Deze norm geldt ook voor Texel en de Zeeuwse eilanden.
- De sluis tussen de Vereenigde Hargemer en Pettemer polder en het achterland dient aangepast te worden. Dit is in de planform design fase nog niet uitgewerkt.

In de nu volgende paragrafen wordt het ontwerp van deze slaperdijk verder uitgewerkt.

5.5.1 Eerste inzicht

De slaperdijk keert pas de zee in geval de Hondsbossche zeewering niet meer voldoet. De Hondsbossche zeewering voldoet momenteel niet aan de Wow-norm (1:10.000). De frequentie waar vanaf de Slaperdijk haar functie zal moeten vervullen is niet bekend. De zee zal in de Hargemerpolder doordringen door de aansluitingsconstructie tussen de duinen en de Hondsbossche zeewering (Minkema) of door doorbraak van de Hondsbossche door bijvoorbeeld, erosie van het binnentalud als gevolg van grote overslag.

Ten behoeve van het bepalen van de belastingen op de Slaperdijk zijn er meerdere methoden om de randvoorwaarden te bepalen. In overleg is ervoor gekozen om de randvoorwaarden van de Hondsbossche zeewering doorrekenen tot op de slaperdijk alsof de Hondsbossche Zeewering weggevaagd is maar het achterland blijft bestaan als voorland.

De bekende golf randvoorwaarden aan de teen van de Hondsbossche zeewering kunnen doorgerekend worden met behulp van PC-Overslag. De Vereenigde Hargemer en Pettemerpolder wordt als voorland gezien. Het huidig maaiveld van de Vereenigde Hargemer en Pettemer polder ligt op circa NAP -0,5 m.

De invalshoek van de golven wordt voor de Hondsbossche slaperdijk gesteld op 0°, dit is het meest ongunstigst. De invalshoek op de Hondsbossche zeewering varieert tussen 39,4° en 1,07°.

Het ontwerp van de slaperdijk wordt gemaakt voor een ontwerplevensduur van 50 jaar. Er wordt, uitgaande van één set randvoorwaarden, voor één profiel de hoogte bepaald. Er wordt uitgegaan van een standaarddwarsprofiel met een talud 1:3 en een berm van 10 m breed op

het ontwerppeil. Het dimensioneren gebeurt op basis van de ophoogte $q = 0,1$ l/m/s. Dit leidt in principe tot een robuust ontwerp. In de nadere uitwerking kan gevarieerd worden met opdeling in dijkvakken, golfparameters, taludhelling, toelaatbaar overslagdebiet, bermbreedte en -hoogte, etc.

Ten aanzien van het tracé zijn meerdere keuzen mogelijk, de belangrijkste zijn: doortrekken door Hargen heen en aansluiten op de binnenduinrand, waarbij aan de oostkant langs het Hargergat (duinrel) wordt gegaan, of aan de noordkant langs de duinrel aansluiten op de aansluitingsconstructie Camperduin. De aansluiting van de slaperdijk op de Pettemer zeekering wordt gemaakt door een stukje van de Hondsbossche zeekering in stand te houden en de slaperdijk op de Hondsbossche aan te laten sluiten bij Leihoek.

Er is gerekend met de randvoorwaarden van dp 23. Dit is ongeveer het midden van de Hondsbossche zeekering en wordt daarom representatief geacht. Ter indicatie van de gevoeligheid voor variatie van de invalshoek is ook voor andere invalshoeken de ophoogte bepaald, zie onderstaande tabel.

Tabel 5-6: Benodigde kruinhoogte bij verschillende invalshoeken.

	0°	30°	60°
q = 0,1 l/m/s	14,99	14,02	13,04

We gaan uit van een minimum- en een maximumoptie. De minimumvariant bestaat uit een dijk met de kruinhoogte op ontwerppeil + waakhoogte. De maximumvariant is een ontwerp op basis van de randvoorwaarden aan de teen van de Hondsbossche zeekering doorgerekend tot op de slaperdijk met meer dan een kilometer voorland. Daarbij wordt gerekend alsof de huidige zeekering geheel verdwenen is.

Het tracé is voor beide opties gelijk en loopt via de Hondsbossche slaperdijk, de Schoorlse zeedijk en de Hazedijk. De lengte van dit tracé is circa 6,4 km. Voor de aansluiting op de duinen bij Camperduin wordt ervan uitgegaan dat het tracé rechtdoor getrokken wordt door Hargen. Alternatief tracé is naar het westen af te buigen en door Camperduin te gaan. Het tracé is ingetekend op een overzichtskaart in Appendix A.

Voor beide opties wordt in eerste instantie uitgegaan van aanleg als een grasdijk. Naast grondverzet, grondverwerving, verleggen van wegen en amoveren van bebouwing, dienen per optie nog een aantal aanvullende maatregelen genomen te worden. Voor de minimumoptie dient het binnentalud overslagbestendig gemaakt te worden. Dit wordt gedaan door de grasbekleding op het binnentalud te vervangen door een harde bekleding. Voor de maximumoptie wordt het binnentalud niet verhard omdat er wordt uitgegaan van doorbraak bij 1:10.000 omstandigheden. Voor beide opties wordt de Pettemer zeekering versterkt als in de variant consolideren en dienen beide aansluitingsconstructies versterkt en onderhouden te worden. In deze fase wordt uitgegaan van de suppletiehoeveelheden als in de variant 'Zand ervoor'.

Maximumoptie:

Voor een periode van 50 jaar is, uitgaande van de randvoorwaarden aan de teen van de Hondsbossche zeekering, als conservatieve aanname, een dijk nodig van circa 15 m hoog

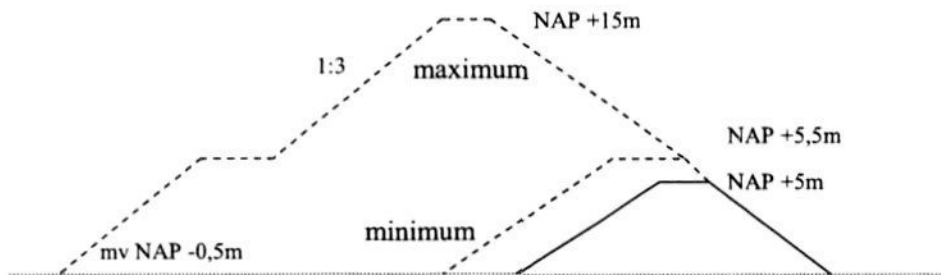
en circa 100 m breed, uitgaande van een berm van 10 m op ontwerppeil en een talud 1:3. Ter indicatie is ook een talud 1:4 doorgerekend. Het verschil was gering. Het tracé wordt voorzien langs de Hondsbossche slaperdijk en de Schoorlse zeedijk. De huidige hoogte van deze waterkeringen is circa NAP +5m. De verandering in dwarsprofiel is circa 820 m². De benodigde hoeveelheid grond voor aanleg van de slaperdijk is circa 5,25 miljoen m³. Het ruimtebeslag is circa 47 ha.

In de maximumoptie voor de situatie T=200 jaar, dient de slaperdijk tot NAP +20 m te reiken om het overslagdebiet tot 0,1 l/m/s te beperken. De benodigde breedte is dan circa 100 m ofwel een extra ruimtebeslag van 64 ha voor de slaperdijk.

Voor de totale impact van de maximumoptie moet ook de versterking van de Pettemer zeewering meegenomen worden.

Minimumoptie:

Voor een periode van 50 jaar is uitgaande van keren van de waterstand + waakhogte een hoogte van circa NAP +5,5 m voldoende. De verhoging bedraagt dan ongeveer een meter. De aanvulling bedraagt circa 87 m² in het dwarsprofiel oftewel circa 560.000 m³. Naast het grondverzet moet een sluis tussen de Vereenigde Hargemer en Pettemerpolder en aangepast worden. Het ruimtegebruik voor de verbreding van de slaperdijk zelf is beperkt; in de orde van 1,9 ha.



Figuur 5-10. Minimum en maximum optie van de slaperdijk.

Voor de situatie T=200 jaar kan uitgegaan worden van een kruinhoogte NAP +7,30 m en een breedte van 53 m, wat neerkomt op een ruimtebeslag van 9 ha.

Tussen de eerste en tweede duinregel van de duinen bij Hargen dient een doorgaande, voldoende hoge en brede duinwaterkering te zijn zodat de duinen ten zuiden van Camperduin niet achterlangs bedreigd worden. Het laat zich aanzien dat deze aanwezig is. Tabel 5-7 geeft een overzicht van enkele voor deze variant verkregen inzichten.

Tabel 5-7: Overzicht Slaperdijk (globaal), inclusief versterking van de Pettemer zeewering

	Slaperdijk
aanlegkosten (min – max)	56 – 180 M€
onderhoudskosten (min – max)	0,45 – 2,25 M€ per jaar
NCW 50 jaar (min – max)	68 – 200 M€ per nu
ruimtebeslag 50 jaar (min – max)	1,9 – 47 ha
ruimtebeslag 200 jaar (min – max)	9 – 64 ha
schatting aantal gebouwen	50 – 60

5.5.2 Hoe verder

De bandbreedte tussen de aanlegkosten van de verschillende opties van de slaperdijk is erg groot (56 M€ - 180 M€). Het is daarom wenselijk de randvoorwaarden nauwkeuriger te bepalen conform nu nog niet beschikbare aanbevelingen van Rijkswaterstaat DWV.

Gegeven de invloed van de golfhoogte op de ophoop en de variatie aan benodigde kruinhoogte op basis van de invalshoek dient in Fase 4 de slaperdijk opgedeeld te worden in meerdere dijkvakken waarvan de benodigde afmetingen bepaald moeten worden.

Om de inundatiefrequentie van het nieuwe dijkkringgebied te bepalen zijn overschrijdingsfrequenties van waterstanden en golfhoogten voor de kust nodig.

De vraag welke actuele veiligheid voor het nieuwe dijkkringgebied geldt, dient nog beantwoord te worden. Indien dit bekend is, kan ook vastgesteld worden welke onderhoudsverplichting blijft gelden voor de Hondsbossche zeekering en de aansluiting bij Camperduin.

5.6 Samenvatting resultaten

Om de verschillende basisvarianten met elkaar te kunnen vergelijken worden voor verschillende belangrijke aspecten de per variant berekende waarden in een zogenaamde groeitabel naast elkaar gezet. Gedurende het project kan naar mate deze aspecten nauwkeuriger worden onderzocht de groeitabel steeds worden aangevuld en uitgebreid. In Tabel 5-8 zijn een aantal belangrijke kenmerken van de verschillende alternatieven nog eens kort naast elkaar gezet.

Tabel 5-8: Groeitabel voor de Hondsbossche en Pettemer (globaal).

	Zand ervoor	landwaartse versterking	Duinen van Leihoek	Slaperdijk (incl. versterking Pettemer)
aanlegkosten	195 M€	58 M€	480 M€	56 – 180 M€
onderhoudskosten	11 M€/jaar	2 M€ per jaar	? M€ per jaar	0,45 – 2,25 M€ per jaar
NCW 50 jaar	343 M€/nu	84 M€ per nu	480 M€ per nu	68 – 200 M€ per nu
ruimtebeslag 50 jaar	geen, want buitendijks	12 ha	70 ha	1,9 – 47 ha
ruimtebeslag 200 jaar	geen, want buitendijks	20 ha.	128 ha	9 – 64 ha
schatting aantal gebouwen	geen, want buitendijks	50	300	50 – 60

De alternatieven zand ervoor en landwaartse versterking en slaperdijk hebben alledrie elementen met elkaar gemeen. Zo heeft elk van deze varianten te maken met de aansluitingsproblemen. De opties landwaartse versterking en de slaperdijk hebben bevatten beide de versterking bij Petten. Een ruwe blik laat verder zien dat de zandige varianten hier veel duurder zijn dan de varianten met harde elementen erin. De verschillende antwoorden laten nog grote onzekerheden zien. Zo vraagt de zandige variant duidelijk nog om nadere uitwerking. De gehanteerde schatting van 20% verlies per jaar is zoals al eerder aangegeven zeer conservatief. In de kustmorfologische analyse zal dit punt nader moeten worden onderzocht. De onzekerheden bij de slaperdijkvariant zijn ook nog groot. De spreiding tussen de minimum en maximum oplossing is groot. Nader onderzoek zal hierin meer duidelijkheid moeten scheppen.

6 Discussie en conclusies

In deze Planform Design fase is met name gekeken naar het ruwe ontwerp van varianten en een daarop gebaseerde kostenschatting (aanleg en onderhoudskosten). Waar mogelijk is al een indicatie gegeven van het verwachte ruimtebeslag. Aspecten als kansen en beperkingen voor andere functies en ruimtelijke plannen en de lokale en regionale morfologische effecten etc. komen in latere fasen aan bod. Het is belangrijk om op te merken dat de in deze fase gemaakte schattingen gebaseerd zijn op een zeer grofstoffelijke aanpak. De genoemde getallen zullen dus in latere fasen ongetwijfeld nog worden aangepast (naar boven of naar beneden). Dit rapport heeft met name een rol bij het voorsorteren op de volgende fasen. Op basis van de hier gegeven eerste inzichten kan per variant bekeken worden of die in aanmerking zou moeten komen voor een meer gedetailleerde uitwerking, al dan niet in gewijzigde vorm. Bovendien helpt deze eerste uitwerking om de vragen die in Fase 3 en Fase 4, respectievelijk de kustmorfologische analyse en de detailuitwerking, aan de orde moeten komen zo helder mogelijk te formuleren.

Per knelpunt volgt nu een korte uiteenzetting van de bevindingen:

De Helderse zeekering

Op basis van berekeningen in de beheerdersoordelen wordt de Helderse zeekering als veilig beschouwd. Aanvullende berekeningen met zeespiegelstijging en voor een termijn van 50 jaar, in het kader van dit rapport, wijzen ook uit dat dit het geval is. Ook voor de langere termijn van 50 jaar is de dijk veilig. Alleen voor dijkpaal 0,2 wordt een beperkt kruinhoogtetekort verwacht. Deze locatie betreft echter een uitloper van de Helderse zeekering, de veiligheid is niet in het geding.

Kop van Noord-Holland:

De optie waarin het duin landwaarts wordt versterkt is wat materiaal kosten betreft het goedkoopst. Dit komt met name doordat er geen extra onderhoudskosten door zandverlies naar zee optreden. Nadeel van deze optie is dat er beslag gelegd wordt op bebouwde of potentieel te bebouwen ruimte.

De optie waarin het dorp Callantsoog een aangepast normering krijgt, waarbij een nieuwe kering achter het dorp langs wordt doorgetrokken, wordt waarschijnlijk duurder dan de landwaartse duinversterking. Een voordeel van deze variant is dat er een structurele oplossing voor het veiligheidsprobleem wordt geboden en er geen beslag hoeft te worden gelegd op bebouwde ruimte. Nadeel is echter dat het dorp Callantsoog een lagere veiligheidsnormering krijgt. De norm wordt gelijk aan bijvoorbeeld die van Texel en het Kennemerstrand. Dit is met name een aandachtspunt ten aanzien van communicatie met de gemeente en bewoners.

De optie waarin het duin zeewaarts wordt versterkt is relatief duur, niet zozeer in de aanleg als wel in het onderhoud. Voordeel is dat er geen ruimtebeslag op bebouwd gebied achter de duinen wordt gelegd. Bovendien kan nog gekeken worden of er in latere fasen optimalisatie op het onderhoud mogelijk is met aanvullende maatregelen.

Hondsbossche en Pettemer zeekering

De optie met zand vraagt grote hoeveelheden zand voor aanleg en onderhoud. De kosten van het veilig maken van de aansluitingen zijn zeer eenvoudig geschat. De kosten van het met zand reduceren van de inkomende golven zijn nog niet in detail bestudeerd. De eerste (overigens erg ruwe) schattingen laten, echter, zien dat de aanlegkosten van deze variant hoog zijn en dat de extra onderhoudskosten waarschijnlijk heel hoog zijn. Meer gedetailleerde studie hiernaar is zeker nodig.

De kosten voor de variant consolideren zijn door de aansluitingen en de benodigde aanpassingen aan de bestaande keringen aanzienlijk. Bovendien blijft een belangrijk deel van het huidige onderhoudsprobleem in gelijke mate bestaan. Voordeel van deze optie is wel dat er ten opzichte van de huidige situatie niet veel veranderd. Dit zal acceptatie van deze variant waarschijnlijk ten goede komen.

De Duinen van Leihoek-variant is zeer duur. Deze optie is ook verreweg de meest ingrijpende van de vier. Naast de ruwe aanlegkosten is ook het effect op bestaande bebouwing, met name in Petten, groot. Voordeel van deze optie is dat het kernprobleem van de Hondsbossche en Pettemerzeekering, te weten bastionvorming, zal worden opgelost. Daarmee is deze oplossing met het oog op de duurzaamheid wél interessant. Bovendien brengt creatie van een duingebied mogelijk een aantal voordelen op het gebied van natuur en recreatie met zich mee.

De minimale variant van de optie Slaperdijk is de goedkoopste variant qua aanleg. Wanneer gegarandeerd kan worden dat de Hondsbossche bij een 1:4.000 storm niet bezwijkt is de minimale variant ook de meest waarschijnlijke oplossing. Met een norm van 1:4.000 zal de onderhoudsinspanning ook beduidend minder zijn dan nu. In vergelijking met Callantsoog zou een normverlaging in dit gebied hoogstwaarschijnlijk op minder weerstand stuiten.

Epiloog

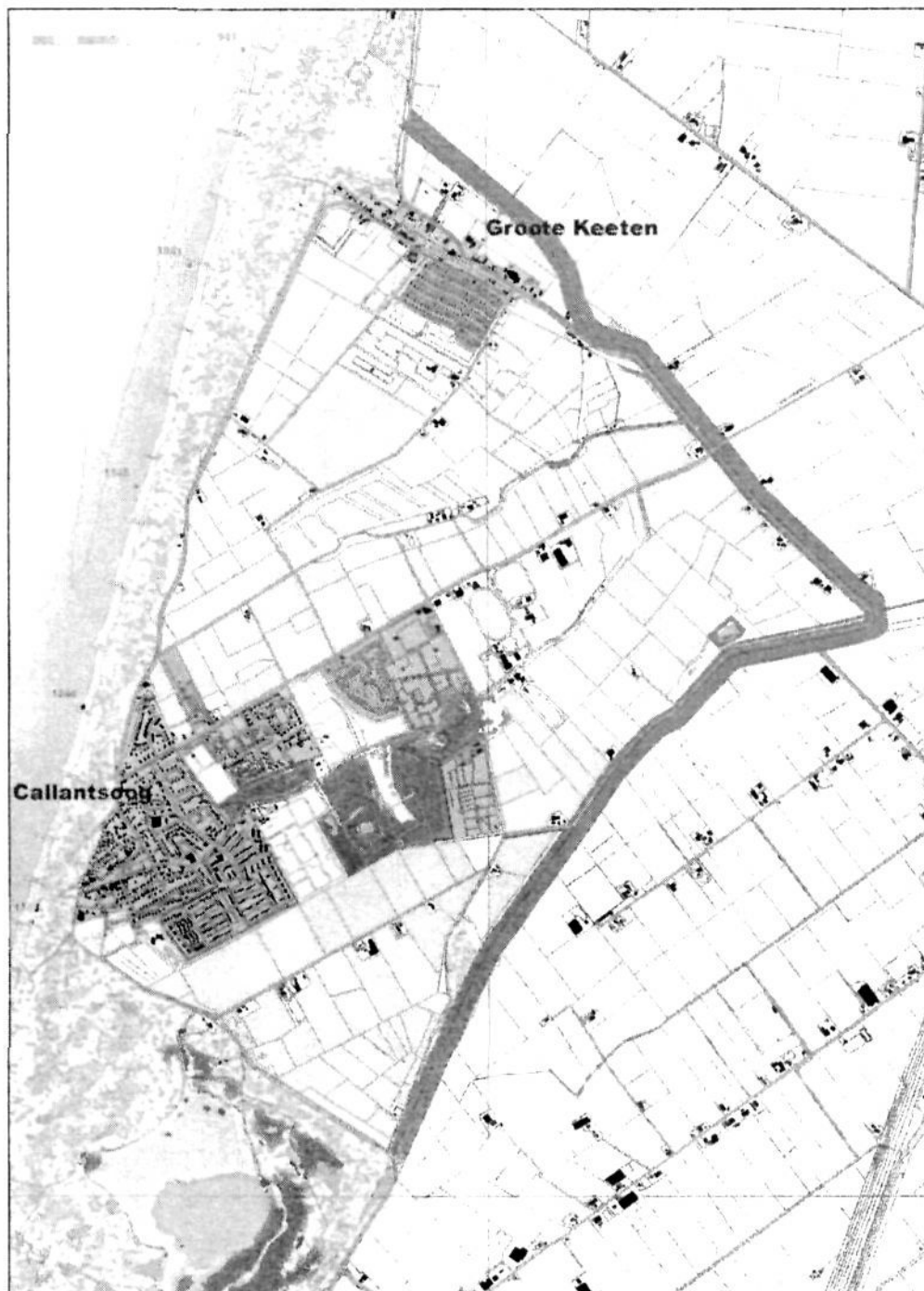
Tot slot is het in het algemeen voor de uitwerking in volgende fasen van groot belang dat er meer duidelijkheid komt omtrent de te hanteren ontwerprandvoorwaarden voor enkele van de varianten. Met name daar waar er sprake is van dijkverlegging (Hondsbossche en Callantsoog) is de bandbreedte die verkregen wordt door te werken met een alternatief als een minimum en maximum scenario eigenlijk te groot. Ook de te hanteren verliespercentages voor het aan te brengen zand moeten nader worden onderzocht.

Bronnen

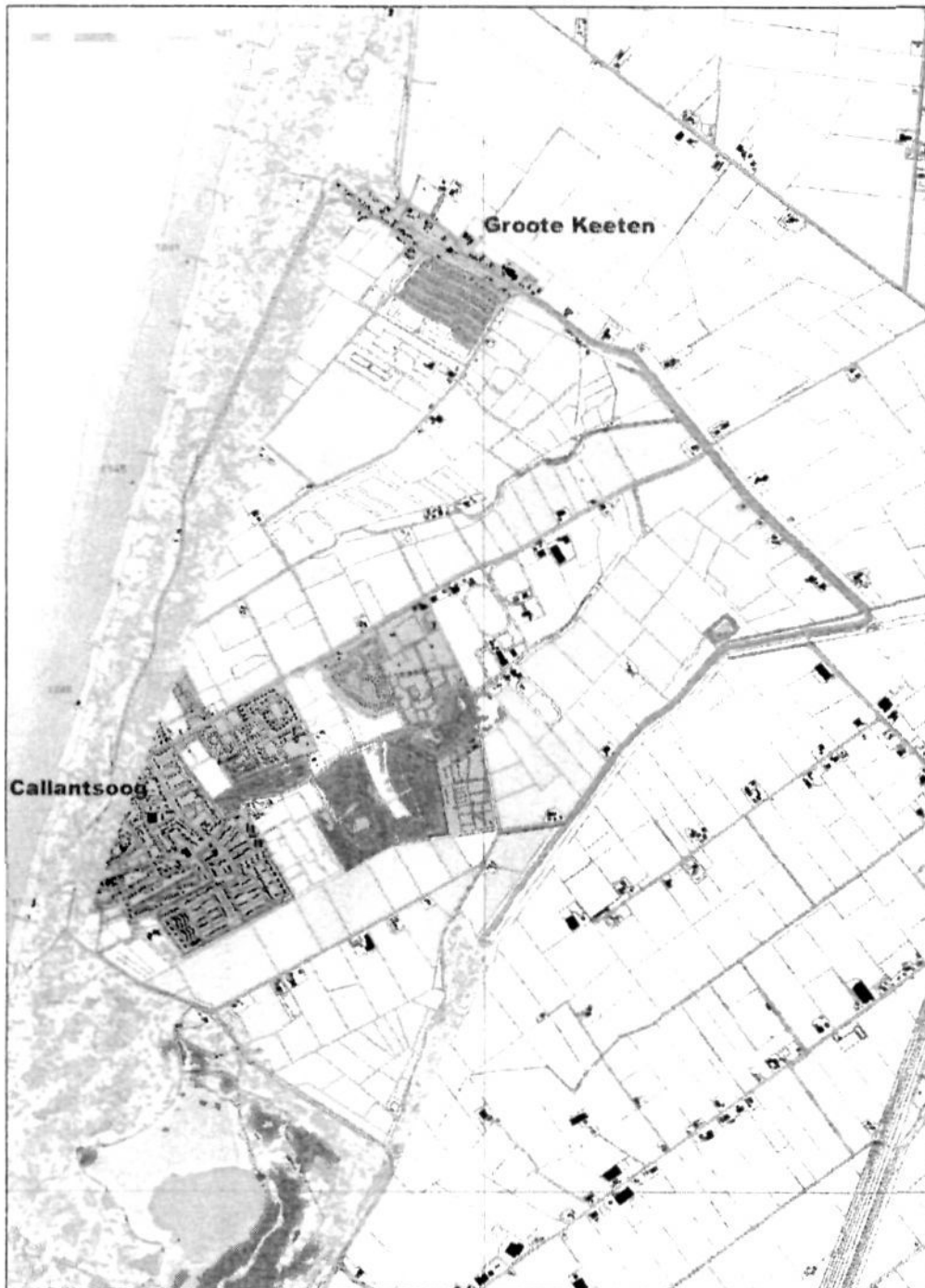
- Arcadis, Royal Haskoning, Fugro, 2003. *Referentie Alternatief Dijkversterking (RAD)*. Rijkswaterstaat Directoraat-Generaal.
- HHNK, 2003. *Beheerdersoordeel zwaardere golfbelasting Noordzeekering. Beheersgebied Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier*. Achtergrond document. Registratienummer 03.8545
- Royal Haskoning, 2004. *Zwakke Schakels Zeeland: Plan van aanpak ontwerprandvoorwaarden*.
- TAW, 1984. *Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van de duinen als waterkering*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- TAW, 1995. *Basis rapport Zandige Kust behorende bij de Leidraad Zandige kust*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- TAW, 1999. *Leidraad Zee- en Meerdijken*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- TAW, 2002. *TAW Werkgroep Kust: Achtergrond document inzake zeespiegelstijging en klimaatverandering met betrekking tot kustbeheer en kustbeleid*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- TAW, 2002b. *Technisch Rapport golfploop en golfoverslag bij dijken*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- TAW, 2003. *Leidraad Zandige Kust*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen
- TAW, 2004. *Leidraad Benedenrivieren*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- Min V&W, 2002. *Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van Primaire Waterkeringen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Min V&W, 2004. *Voorschrift Toetsen op Veiligheid*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Rijnland 2003. *Memo toetshoogte strekking Kennemerstrand-sluizen*. Hoogheemraadschap van Rijnland.

A GIS kaarten

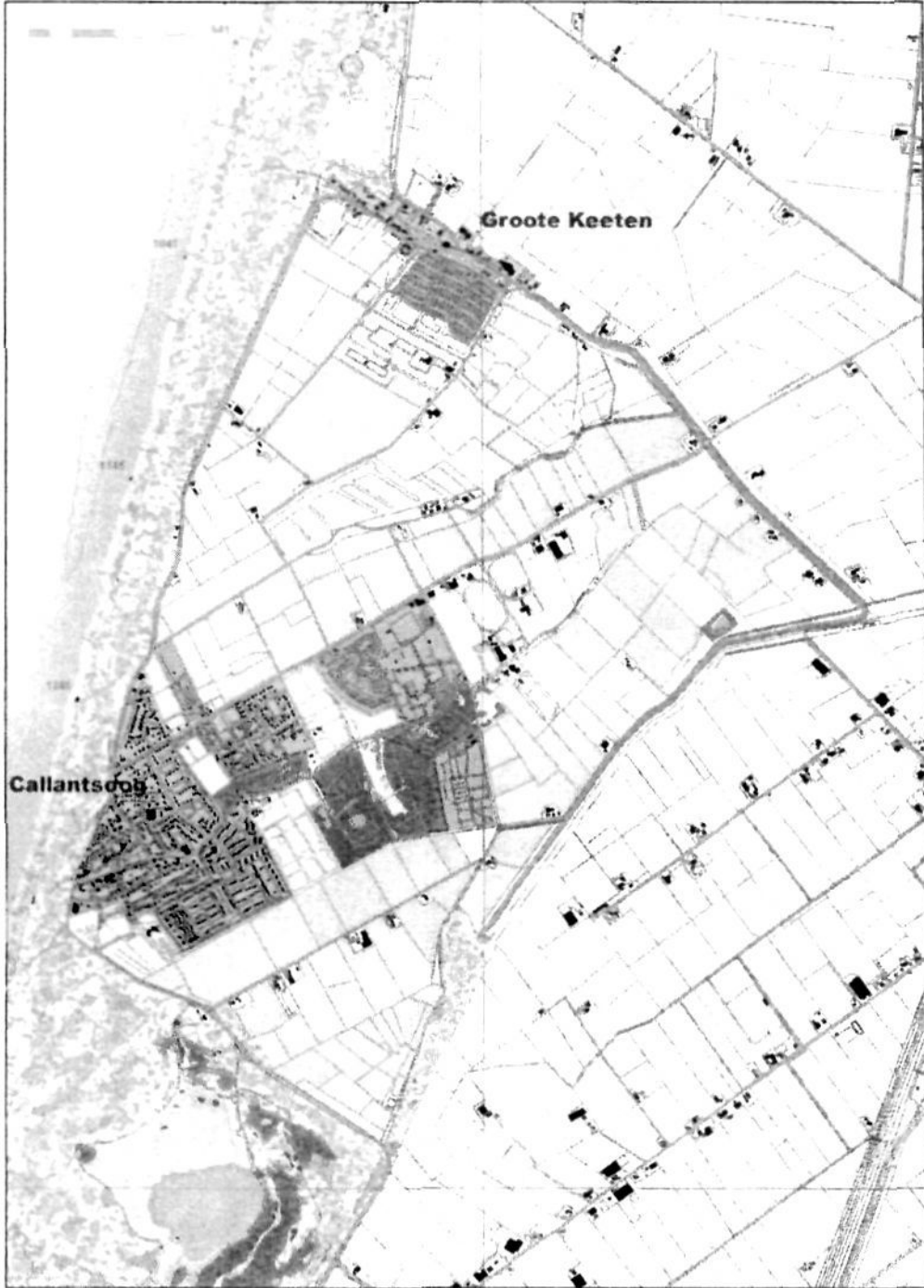
Callantsoog: aangepaste normering



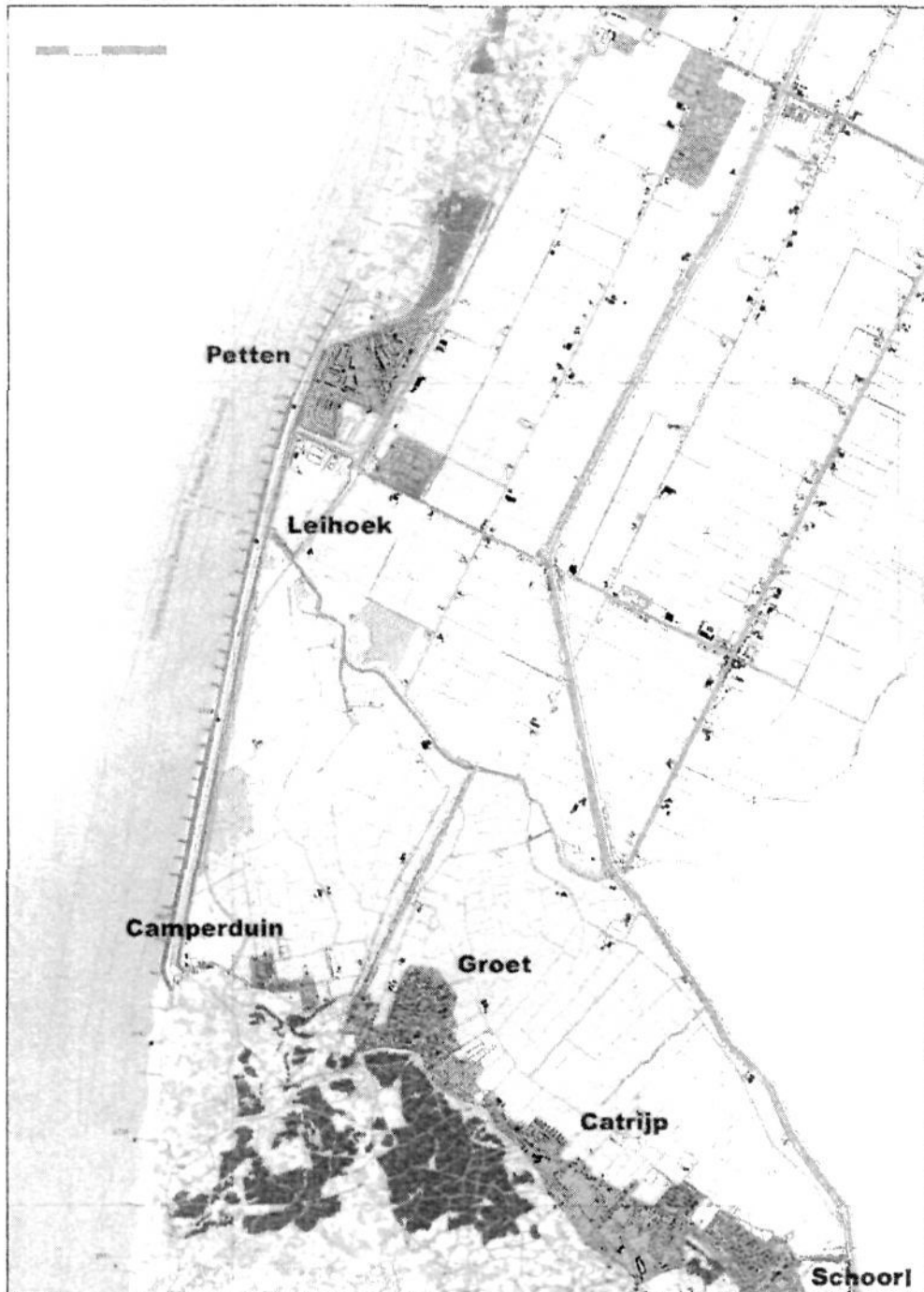
Callantsoog: Landwaartse duinverzwaring



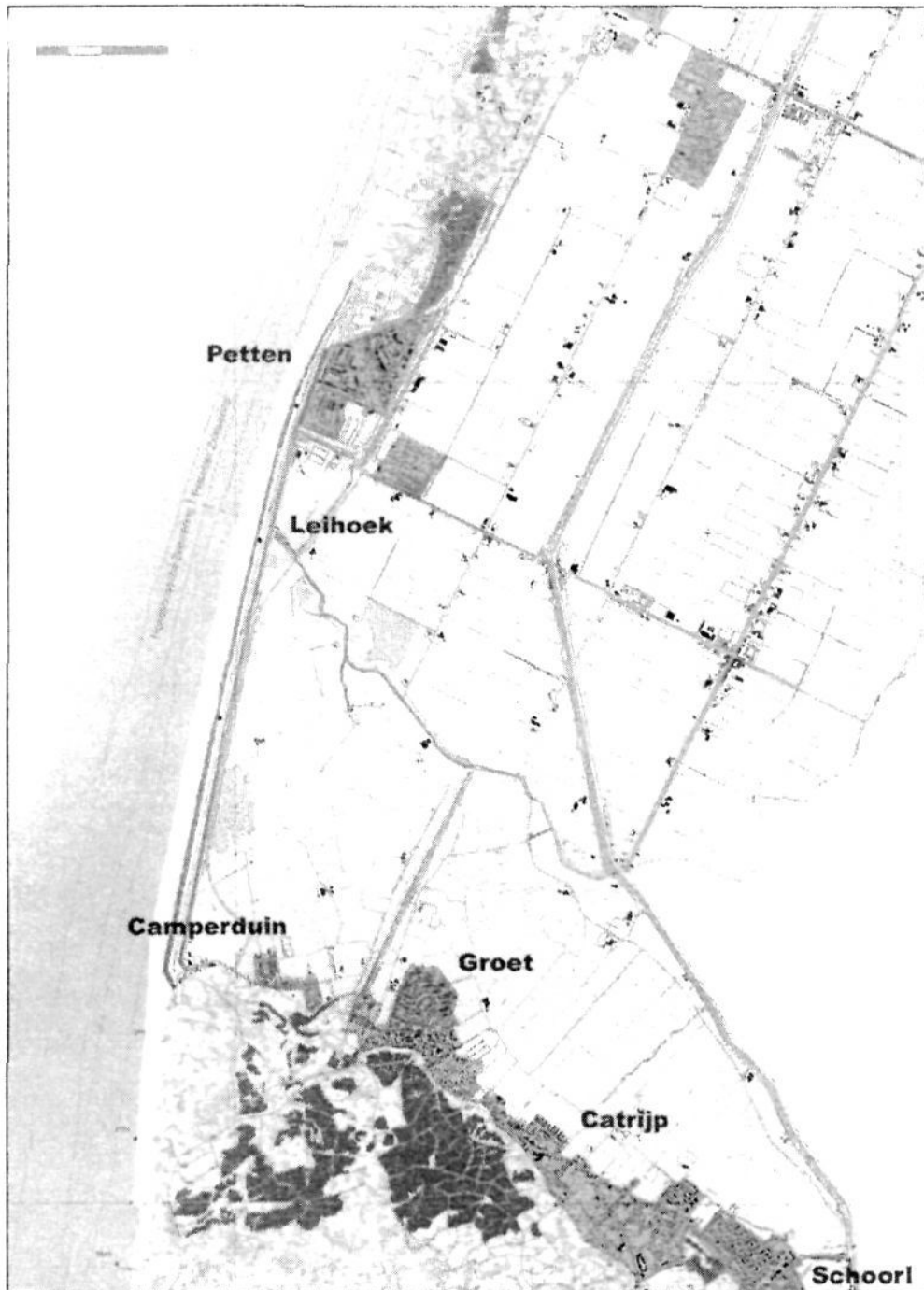
Callantsoog: Zeewaartse versterking



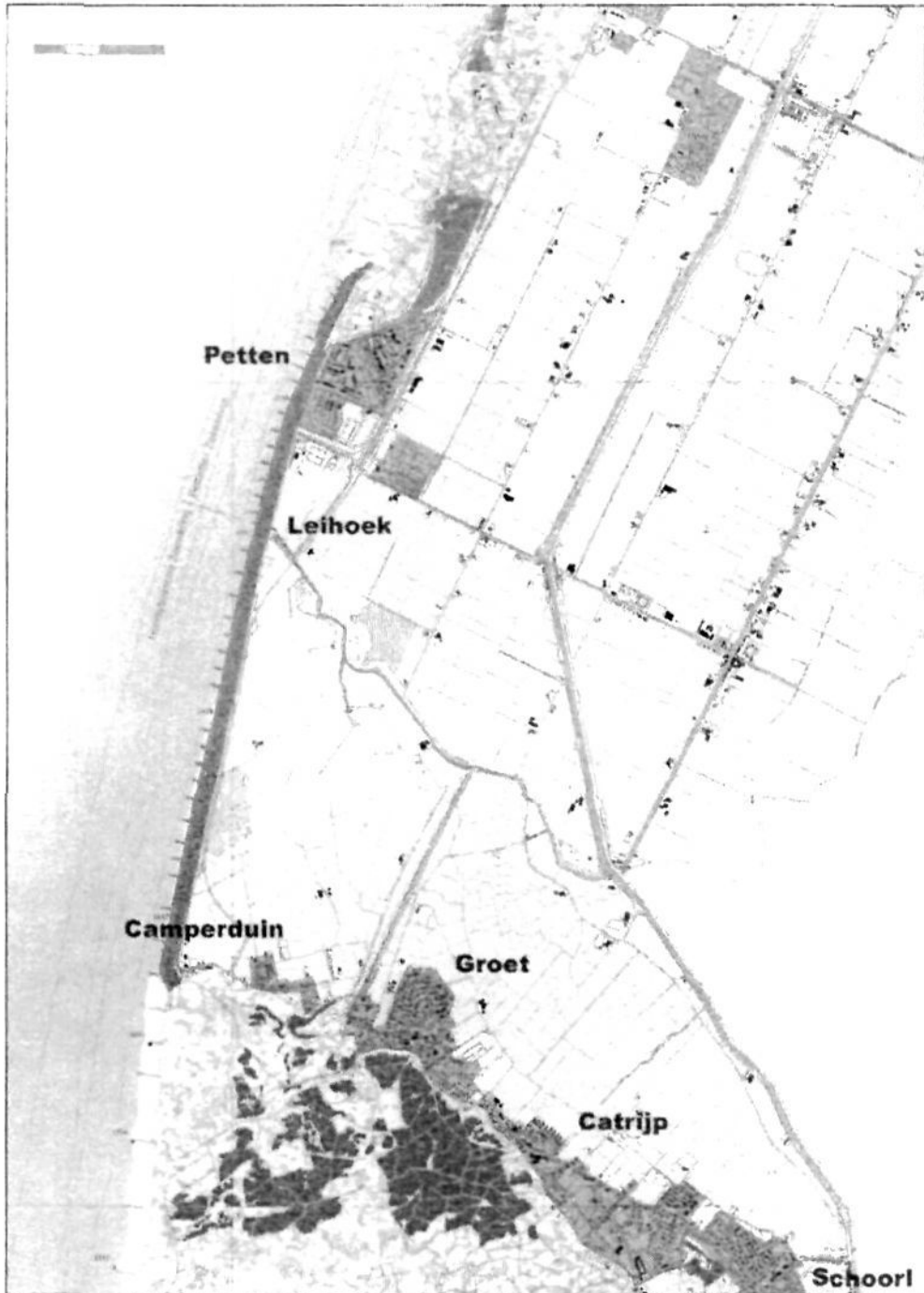
Hondsbossche en Pettemer: overzicht



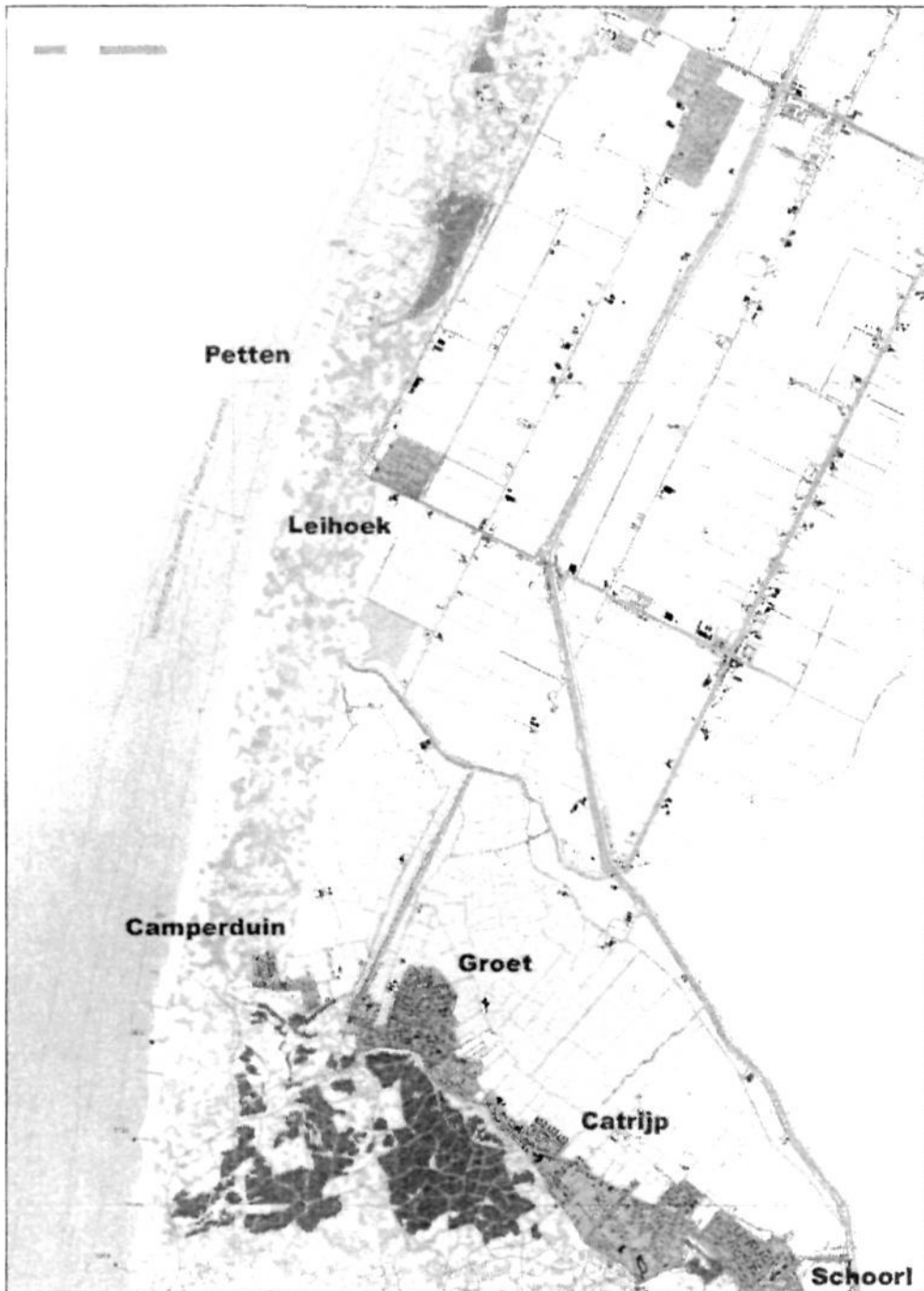
Hondsbossche en Pettemer: Zand ervoor



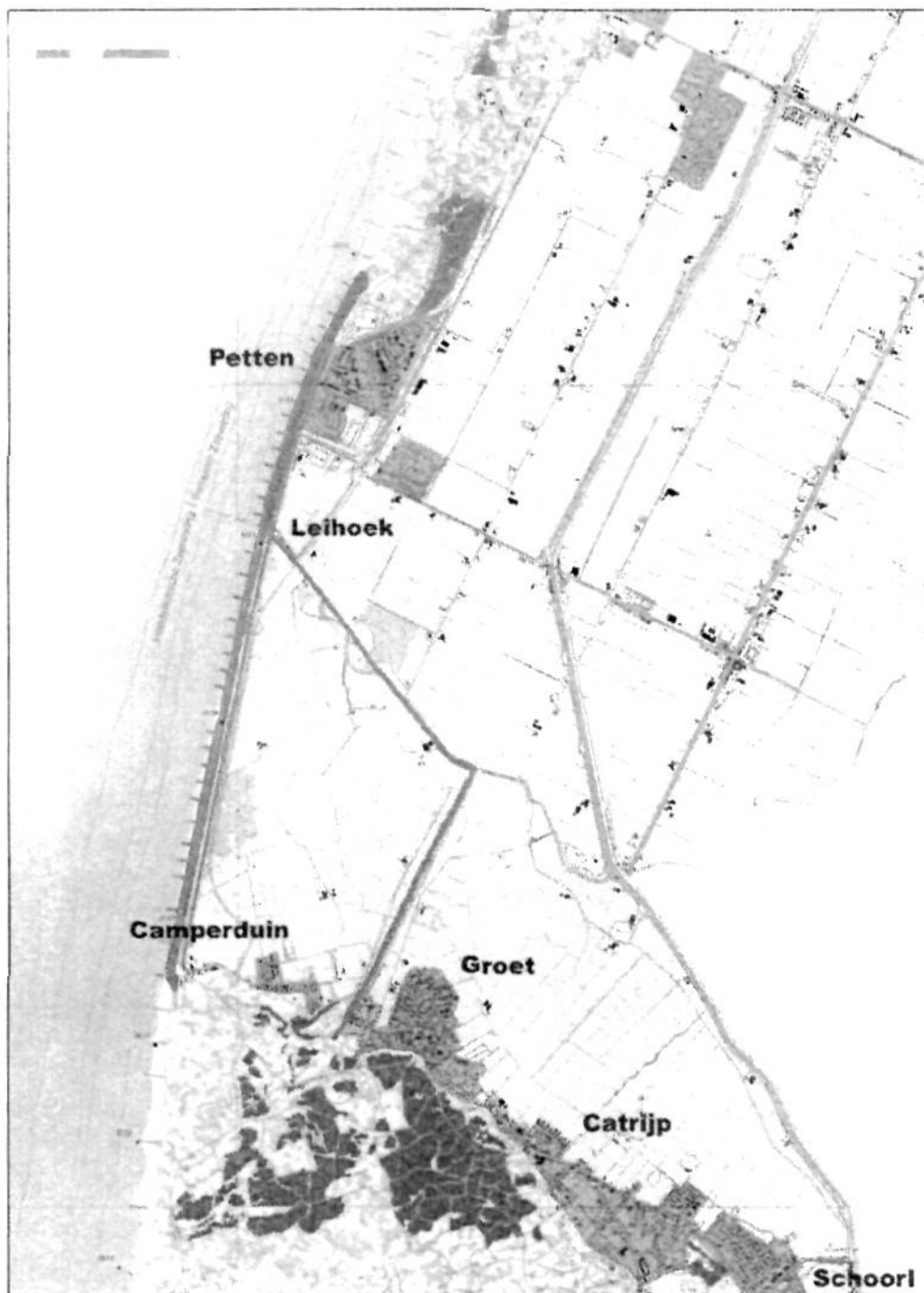
Hondsbossche en Pettemer: Landwaartse dijkversterking



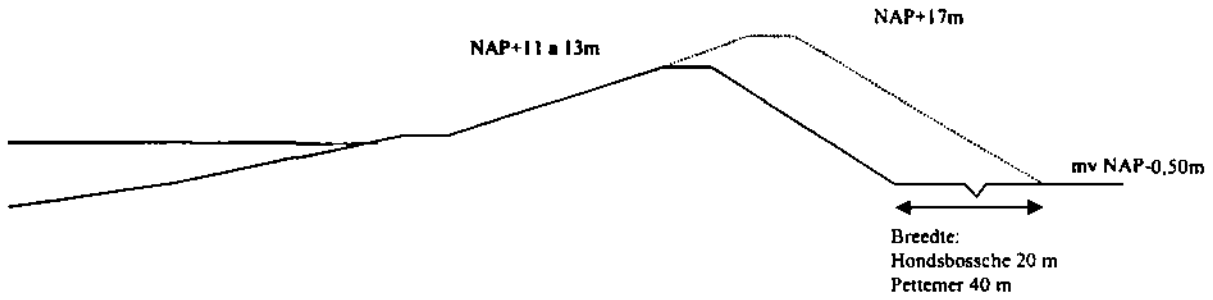
Hondsbossche en Pettemer: Duinen van Leihoek



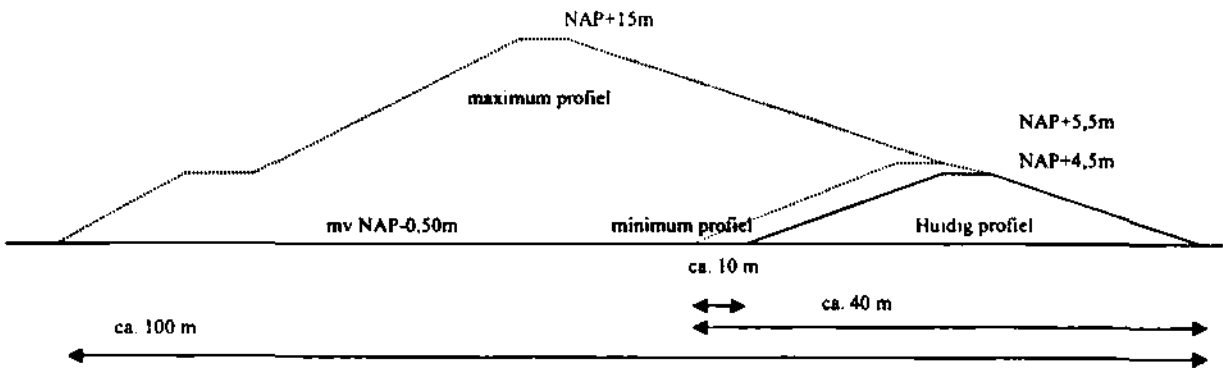
Hondsbossche en Pettemer: Slaperdijk



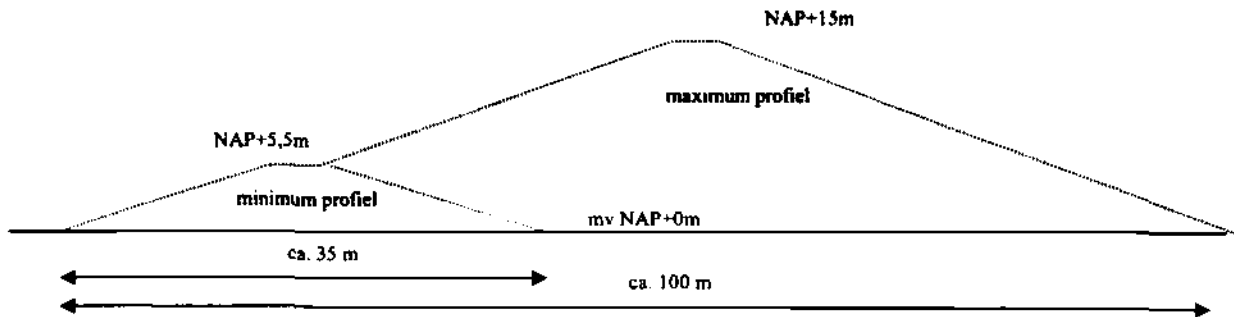
Consolideren Hondsbossche en Pettemer Zeewering



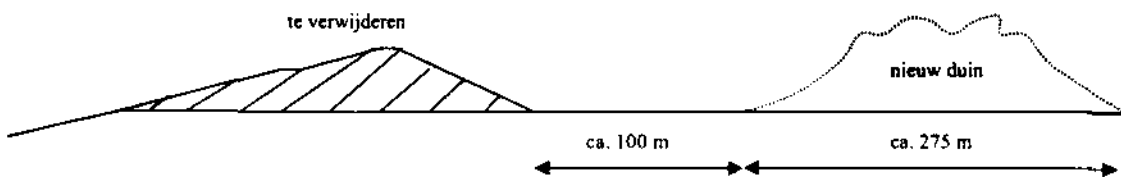
Slaperdijk Hondsbossche zeewering



Slaperdijk Callantsoog



Duinen van Leihoek



B Kosten

Op basis van de ontwerpen worden ramingen gemaakt van aanleg- en onderhoudskosten. De hoeveelheden zijn voor de planform design fase globaal bepaald. De kostenramingen zijn gebaseerd op eenheidsprijzen, zoals verkregen van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland en volgens (Arcadis, Royal Haskoning, Fugro, 2003).

De aanlegkosten zijn berekend als de initiële investering. Uitgegaan wordt van aanleg in jaar 0. De beschikbaarheid van materialen en het tijdstip van uitvoering worden buiten beschouwing gelaten. De beschikbaarheid van materialen is afhankelijk van onder andere het gelijktijdig uitvoeren van verschillende werken waarvoor dezelfde grondstoffen nodig zijn en beleid(swijzigingen) die gevolgen hebben voor de winning van delfstoffen. Het tijdstip van uitvoering houdt ook verband met de gelijktijdigheid van werken.

Bij het ramen van de kosten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Genoemde bedragen zijn exclusief BTW;
- Er is uitgegaan van het huidig prijspeil;
- De netto contante waarde is bepaald voor een periode van 50 jaar, uitgaande van 6% rente en een gemiddelde inflatie van 2%;
- De onderhoudskosten zijn per periode gelijk, er is geen rekening gehouden met de ontwikkeling van de onderhoudskosten over de tijd;
- aannemersoplagen zijn inclusief verzekeringen;

De raming van de aanlegkosten bestaat uit de volgende onderdelen:

Directe kosten	
Indirecte kosten	+
Primaire kosten	
Bijkomende kosten	
Diversen	+
Basisraming	
Onvoorzien	+
Subtotaal	
B.T.W.	+
Projectkosten	

De directe kosten zijn kosten die direct toegerekend kunnen worden aan een onderdeel van het werk, zoals materiaal aanbrengen of verwijderen.

- De indirecte kosten bestaan uit voorbereiding, aannemersoplagen en toezicht. Deze bedragen 10% eenmalige kosten, en uitvoeringsrisico's, 7% algemene kosten en 7% winst en risico.
- Bijkomende kosten bestaat uit grondverwerving en verwerving van opstallen.
- Diversen bedraagt 15% van de primaire kosten en bestaat uit detaillering en uitwerking van ontwerp.
- Onvoorzien is ruim aangehouden op 20% gegeven het globale niveau van de ontwerpen.

B.1 Directe kosten

Grondverzet

Bepalend voor de kosten van grondverzet is of dit in den natte of in den droge plaatsvindt en de plaats waar de aanvulling moet gebeuren.

Nat

Kosten voor vooroeveraanvulling bedragen € 3 a 4 per m³ incl. BTW → € 3,50 / m³ exc BTW

Strandsuppletie is ca. 2 x zo duur → € 7,-- exc BTW

De kosten voor duinsuppletie zijn sterk afhankelijk van de locatie; waar in de duinen/hoever landinwaarts en hoe hoog (ivm oppompen). Globaal kost het ongeveer het dubbele van strandsuppletie → € 14,-- exc BTW.

Droog

De ons aangegeven prijzen zijn:

Klei leveren en aanbrengen: € 13,50 /m³.

Zand leveren en aanbrengen: € 12,-- /m³

In deze globale kostenraming is alle aan te brengen grond als één soort behandeld. Voor grond aangebracht wordt op dijken, dient veelal de bestaande toplaag of onderlaag verwijderd te worden. In deze globale raming is dit niet afzonderlijk geraamd maar is uitgegaan van een hogere eenheidsprijs, namelijk € 15,--/m³.

Naast aanbrengen dient ook voor sommige varianten op grote schaal materiaal verwijderd te worden. De kosten voor ontgraven en in depot brengen bedragen circa € 3,50 per m³ volgens het hoogheemraadschap. Wij gaan uit van € 5,-- aangezien nu nog niet bekend is of de grond hergebruikt kan worden.

Bekledingen

Naast het grondverzet is het aanbrengen van harde bekleding op het talud een belangrijke kostenpost. Er wordt uitgegaan van aanbrengen van nieuwe 'harde' bekleding zoals asfalt en steenzetting. De kosten voor het aanbrengen van grasbekleding zijn in verhouding verwaarloosbaar.

Verharden en aanbrengen van open steenasfalt voor werkweg of openbare weg kost € 57,50 per m². Voor een werkweg wordt uitgegaan van 3 m breedte, dus € 172,50/m¹, een openbare weg wordt 6 m breed, dus € 345,--/m¹.

Voor waterbouwasfaltbeton wordt ook van € 57,50 per m² uitgegaan.

Voor het aanleggen van een steenzetting van betonzuilen inclusief onderlagen wordt uitgegaan van € 86,-- per m² volgens opgave van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Strekdammen/strandhoofden

Strandhoofden zijn opgebouwd uit zinkstukken met storsteen waarop klei is aangebracht.

De lengte van strandhoofden is 50 m

Als dwarsprofiel wordt aangenomen een helling aan beide zijde van 1:3 en een kruin van 3 m breed.

Compensatie en mitigatie

Ter compensatie en mitigatie van de effecten van de verbeteringswerken op natuur en landschap dienen aanvullend maatregelen genomen te worden. Deze kosten zijn in deze fase nog niet geraamd.

B.2 Bijkomende kosten

Vastgoedkosten

Vastgoedkosten omvatten kosten voor grondverwerving en amoveren van opstallen. Dit is alleen van belang voor maatregelen die aan de landzijde van de huidige waterkering worden uitgevoerd.

Per gebouw is gerekend op € 200.000,-. Het aantal gebouwen is een schatting op basis van de plankaarten.

Voor bebouwd gebied is €15 per m² gerekend.

Voor agrarisch gebied is gerekend met € 7 per m².